

**Aus der
Klinik für Klauentierkrankheiten und Fortpflanzungskunde
des Fachbereichs Veterinärmedizin
der Freien Universität Berlin**

**Vergleichende Untersuchungen der Blutgase und des
Säure-Basen-Haushaltes im zentralen und peripheren
venösen Blut sub partu beim Kalb**

**INAUGURAL-DISSERTATION
zur Erlangung des Grades
eines Doktors der Veterinärmedizin
an der Freien Universität Berlin**

**vorgelegt von
Hans-Jörg Blanke
Tierarzt aus Berlin**

Berlin 1984

Journal-Nr. 1201



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546612_0034

Aus der
Klinik für Klauentierkrankheiten und Fortpflanzungskunde
des Fachbereichs Veterinärmedizin
der Freien Universität Berlin

Vergleichende Untersuchungen der Blutgase
und des Säure-Basen-Haushaltes im zentralen
und peripheren venösen Blut sub partu beim Kalb

I N A U G U R A L - D I S S E R T A T I O N
zur Erlangung des Grades
eines Doktors der Veterinärmedizin
an der
Freien Universität Berlin

vorgelegt von

Hans-Jörg Blanke
Tierarzt aus Berlin

Berlin 1984

Journal-Nr. 1201

Gedruckt mit Genehmigung
des Fachbereiches Veterinärmedizin
der Freien Universität Berlin

Fachbereichssprecher: Prof. Dr. F. Hörchner

Referent: Prof. Dr. K.-H. Lotthammer

Korreferent: Prof. Dr. G. von Mickwitz

Tag der Promotion: 23. November 1984

Meinen Eltern

And in the end
the love you take is equal
to the love you make

Lennon/Mc Cartney

INHALTSVERZEICHNIS

	<u>Seite</u>
1. EINLEITUNG	1
2. LITERATUR	3
2.1 Physiologie und Pathologie des Säure-Basen-Haushaltes und der Blutgase	3
2.1.1 Allgemeine Grundlagen und Begriffsbestimmungen	3
2.1.2 Säure-Basen-Haushalt und Blutgase beim Menschen sub partu	8
2.1.3 Säure-Basen-Haushalt und Blutgase bei Tieren sub partu	16
3. EIGENE UNTERSUCHUNGEN	24
3.1 Material und Methoden	24
3.1.1 Versuchstiere	24
3.1.2 Operationsverfahren zur Blutgewinnung	24
3.1.3 Blutentnahme und Behandlung der Blutproben ..	26
3.1.4 Analysengeräte und bestimmte Blutparameter ..	26
3.1.5 Darstellung der Meßergebnisse und statistische Auswertung	28
3.2 Untersuchungsergebnisse	30
3.2.1 Verlauf der zentralen und peripheren Blutwerte der Kälber und der Muttertiere ante partum	30
3.2.1.1 Aktuelle pH-Werte	30
3.2.1.2 Kohlendioxidpartialdruck ($p\text{CO}_2$)	35
3.2.1.3 Sauerstoffpartialdruck ($p\text{O}_2$)	39
3.2.1.4 Sauerstoffsättigung (SAT)	43
3.2.1.5 Aktuelle Bicarbonatkonzentration (HCO_3^-)	47
3.2.1.6 Standardbicarbonatkonzentration (SBC)	51
3.2.1.7 Aktueller Basenüberschuß (BE)	55

3.2.1.8	Standard-Basenüberschuß (SBE)	59
3.2.1.9	Gesamt-Kohlendioxydkonzentration (TCO_2)	63
3.2.2	Beziehungen zwischen peripheren und zentralen Blutwerten der Kälber	66
3.2.3	Beziehung zwischen den zentralen Blutwerten der Kälber und den Blutwerten der Muttertiere	72
3.2.4	Beziehung zwischen dem respiratorischen Para- meter pCO_2 und dem metabolischen Parameter BE einerseits und dem pH-Wert jeweils im peripheren und zentralen Blut andererseits ..	76
4.	DISKUSSION	79
4.1	Ergebnisse und Schlußfolgerungen	79
4.2	Kritische Anmerkungen	91
5.	ZUSAMMENFASSUNG	93
	SUMMARY	95
6.	LITERATURVERZEICHNIS	97

1. EINLEITUNG

Die Rinderproduktion nimmt volkswirtschaftlich nach wie vor den ersten Platz in der Landwirtschaft der Bundesrepublik Deutschland ein. Daraus ergibt sich die besondere Stellung der Kälbernach- und -aufzucht und damit auch die große Bedeutung, die einer Senkung der Kälberverluste zukommt. Diese bewegen sich in der Bundesrepublik in den letzten drei Jahrzehnten unverändert um 10% (SCHOOOP 1951, DÜRRWÄCHTER 1957, MAYR u. KALICH 1965, LINDAU 1970).

Die Kälberverluste beruhen auf infektiösen und nicht infektiösen Ursachen. Für die nicht infektiös bedingten Verluste fand HAHNDORF (1967) in etwa 50% der Fälle einen direkten Zusammenhang mit dem Geburtsverlauf, wobei 75% dieser Kälber keine makroskopisch nachweisbaren Veränderungen aufwiesen. Die häufigsten Ursachen dieser perinatalen Verluste sind Verletzungen durch den Auszug und vor allem die direkten oder indirekten Folgen einer Hypoxämie.

Im Hinblick auf die Hypoxämie des Kalbes sind in den letzten Jahren bereits mehrere Untersuchungen über den Säure-Basen-Haushalt und die Blutgase durchgeführt worden, so z.B. von AMMANN et al. (1974), WAIZENHÖFER und BRATTIG (1975), DUFTY und SLOSS (1977), EICHLER-STEINHAUFF (1977), MAURER-SCHWEIZER et al. (1977), MAURER-SCHWEIZER und WALSER (1977), WAIZENHÖFER (1977), PETSCHENIG (1978), MÜLLING et al. (1979), EIGENMANN et al. (1981) sowie BORN (1981).

Im Rahmen dieser Arbeit sollte eine weitere Klärung der Vorgänge unter der Geburt erfolgen, wobei besonders festgestellt werden sollte, ob Unterschiede zwischen den Werten im zentralen und peripheren Blut bestehen, und ob die für das Kind aufgestellte O_2 -Sparschaltungstheorie von SALING (1966a, 1966b) auch für das Kalb bestätigt werden kann.

2. LITERATUR

2.1 Physiologie und Pathologie des Säure-Basen-Haushaltes und der Blutgase

2.1.1 Allgemeine Grundlagen und Begriffsbestimmungen

Es ist die Aufgabe des Blutkreislaufs, Sauerstoff und Nährstoffe an die Zellen des Körpers heranzubringen und die Produkte des Zellstoffwechsels wieder abzuführen. Hier interessieren besonders als respiratorische Komponente und einzige flüchtige Säure (in Form von H_2CO_3) das Kohlendioxyd (CO_2) und als metabolische Komponente die Wasserstoffionen nichtflüchtiger Säuren. Das CO_2 wird über die Lungen, die Protonen der Säuren über die Nieren eliminiert, um eine bestimmte (physiologische) Wasserstoffionenkonzentration aufrechtzuerhalten. Die Konzentration freier H^+ -Ionen ist das Resultat der relativen Mengen verschieden starker Säuren und Basen in einer Flüssigkeit (TRUNIGER 1974). Für reines Wasser beträgt sie bei neutraler Reaktion 10^{-7} mol/l. Aus praktischen Überlegungen wurde der Begriff "pH-Wert" für den negativen dekadischen Logarithmus der Wasserstoffionenkonzentration eingeführt. Für o.a. Beispiel wäre der pH-Wert also gleich 7.

Der optimale pH-Bereich des Blutes liegt um 7,4 und intravital gemessene pH-Schwankungen liegen etwa zwischen 7,0 und 7,8, welches einem H^+ -Ionenkonzentrationsbereich von 100 bis 16 nmol/l entspricht (TRUNIGER 1974).

Der Organismus hat das Bestreben, den pH-Wert der Körperflüssigkeiten, insbesondere des Blutes, möglichst konstant zu halten. Dazu bedient er sich bestimmter Puffersysteme (siehe Tab.1), deren Gesamtkapazität sich aus mehreren Komponenten zusammensetzt, wie dem hauptsächlich im Plasma befindlichen Bicarbonat, dem Hämoglobin, den Plasmaproteinen und dem Phosphat. Konzentration und Kapazität der einzelnen

Puffersysteme des Blutes sind sehr unterschiedlich (siehe Tab.1).

Tabelle 1: Aufteilung der Gesamtpufferbasen des Blutes
(nach MÜLLER-PLATHE 1973)

Puffersystem	pK_a^*	Anteil an	
		Konzentration	Pufferkapazität
Bicarbonat (HCO_3^-)	6,1	50%	ca. 75%
Hämoglobin (Hb^-)	8,25	} 50%	} ca. 25%
Oxyhämoglobin (O_2-Hb^-)	6,95		
Protein			
Hydrogenphosphat	6,8		

pK_a^* = negativer dekadischer Logarithmus der Dissoziationskonstanten einer Säure

Stark vereinfacht kann man das Blut als eine Flüssigkeit mit zwei verschiedenen Puffersystemen, nämlich dem Bicarbonat- und den "Nicht-Bicarbonat"-Puffern auffassen. Sie puffern nicht nur gemeinsam und teilweise parallel, sondern reagieren auch miteinander nach dem Prinzip von "interaction-reaction" (WINTERS et al. 1967), gemäß der Gleichung:



Das Bicarbonat ist nach SCHETTLER (1972) aus drei Gründen am bedeutsamsten, da es

1. Anteil hat an der metabolischen Säure-Basen-Regulation
2. über die Kohlensäure auch an der respiratorischen Säure-Basen-Regulation Anteil hat
3. als Einzelwert weitergehendere Rückschlüsse auf das Säure-Basen-Gleichgewicht zuläßt, als einer der übrigen Puffer.

Zwischen einer Säure und ihrer korrespondierenden Base sowie der Wasserstoffionenkonzentration besteht eine mathematische Beziehung, die durch die bekannte Formel von HENDERSON-HASSELBALCH ausgedrückt wird:

$$\text{pH} = \text{pK}_a + 10 \log \frac{[\text{Base}]}{[\text{Säure}]}$$

Da die Konzentration der schwachen Säure H_2CO_3 vom alveolären Partialdruck des Kohlendioxyd (pCO_2) und dessen molarem Löslichkeitskoeffizienten (s) bestimmt wird, lautet die Formel für den Bicarbonat-Kohlensäure-Puffer:

$$\text{pH} = 6,1 + 10 \log \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} \quad \text{bzw.}$$

$$\text{pH} = 6,1 + 10 \log \frac{[\text{HCO}_3^-]}{s \cdot \text{pCO}_2}$$

Die normale Relation von HCO_3^- zu H_2CO_3 beträgt im arteriellen Blut etwa 20:1. Da der $10 \log$ von 20:1 gleich 1,3 ist, ergibt sich bei Einsetzen in die Gleichung ein normaler pH-Wert von 7,4. Aus den Gleichungen wird auch deutlich, daß sich metabolische Einflüsse im Zähler und respiratorische Einflüsse im Nenner derselben bemerkbar machen müssen.

Die Kenntnis des pH-Wertes und des Bicarbonatgehaltes des Blutplasmas ist für die Erkennung und Interpretation von Störungen des Säure-Basen-Haushaltes (SBH) von großer Bedeutung.

Verringert sich der pH-Wert durch H^+ -Ionenzunahme metabolischen Ursprungs, kommt es zur Abnahme der Dissoziation der schwachen Kohlensäure und durch den geringeren pH-Wert über eine Stimulierung des Atemzentrums zu einem erhöhten Atem-

zeitvolumen. Dadurch sinkt der alveoläre CO_2 -Partialdruck, welches eine Verminderung der H_2CO_3 -Konzentration bewirkt. Durch diesen Prozeß stellt sich das Verhältnis von HCO_3^- zu H_2CO_3 wieder auf seine Ausgangsgröße von 20:1 ein. Gelingt dies nicht, entsteht eine metabolische Azidose. Bei starkem Verlust metabolischer H^+ -Ionen läuft der umgekehrte Vorgang ab bzw. es resultiert eine metabolische Alkalose. Respiratorische Azidose und Alkalose haben ihren Ursprung in alveolärer Hypo- bzw. Hyperventilation.

Zur vollständigen Charakterisierung des Säure-Basen-Status sind daher nach MÜLLER-PLATHE (1973) drei Parameter erforderlich: neben dem pH-Wert und dem Kohlendioxidpartialdruck (pCO_2) als respiratorische Komponente zusätzlich eine der metabolischen Komponenten wie das aktuelle Bicarbonat (HCO_3^-), das Standardbicarbonat (SBC), die Basenabweichung (base deviation, BD) bzw. der Basenüberschuß (base excess, BE), die Alkalireserve oder die Pufferbasen. Über die zweckmäßigste Art, die metabolische Komponente zu bestimmen, gehen die Meinungen weit auseinander. Der Grad der Abhängigkeit eines Parameters vom Kohlendioxidpartialdruck und von der Hämoglobinkonzentration spielt dabei eine Rolle, auf die hier nicht eingegangen werden soll. Es wird hierzu auf die einschlägige Literatur verwiesen (DAVENPORT 1979; MÜLLER-PLATHE 1973). Wichtig ist ferner, ob der angegebenen Größe ein reales aktuelles Konzentrationsverhalten in vivo entspricht, oder ob sich ihre Realität nur auf die gewählte meßtechnische Anordnung bezieht.

Bei direkter Elektrodenmessung des pH-Wertes und des pCO_2 sowie der Kenntnis der Hämoglobinkonzentration lassen sich mit Hilfe verschiedener Nomogramme sämtliche gewünschten Parameter des Säure-Basen-Haushaltes bestimmen. SIGGAARD-ANDERSEN und ENGEL (1960), THEWS (1967) sowie DAVENPORT (1979) und viele andere haben entsprechende Kurven- und Leiternomogramme entwickelt.

Die zweite wichtige Blutgasgröße neben dem Kohlendioxid-

partialdruck ist der Sauerstoffpartialdruck (pO_2). Er zeigt an, unter welchem O_2 -Teildruck der Sauerstoff im Blut gelöst ist. Bei hohem pO_2 ist der größte Anteil oder sogar alles Hämoglobin, bei niedrigem pO_2 nur wenig an Sauerstoff gebunden. Die O_2 -Kapazität hängt vom Hämoglobingehalt ab. Fetales Hämoglobin zeigt eine größere Affinität zum Sauerstoff als maternales Hämoglobin. Die O_2 -Affinität ist außerdem abhängig vom pH-Wert. Die Sauerstoffbindung an Hämoglobin wird durch die prozentuale Sättigung des Hämoglobins ausgedrückt, so daß von der Sauerstoffsättigung (SAT = Saturation) gesprochen wird. Ein kleinerer Anteil des Sauerstoffs wird physikalisch gelöst im Blut transportiert. Im Gewebe ist der pO_2 niedriger als im arteriellen Blut, nur geringgradig im Gehirn und anderen vitalen Zentren, jedoch stärker erniedrigt z.B. im arbeitenden Muskel, wo der pO_2 fast Null werden kann. BARTELS et al. (1972) weisen auf die sinkenden O_2 -Bindungsmöglichkeiten des Hämoglobins bei steigendem pCO_2 hin (BOHR-Effekt). Umgekehrt ist die Bindungsmöglichkeit für das CO_2 von der O_2 -Beladung des Hämoglobins abhängig (Christiansen-Douglas-Haldane = CDH-Effekt). Die venöse O_2 -Spannung hat nach GROSSE-BROCKHOFF (1950) eine größere Bedeutung als die arterielle, da sie das Spiegelbild der mittleren Gewebsspannung sein soll. Dagegen empfiehlt MITSCHKE (1973) wegen der stark variierenden Sauerstoffaufnahme im Gewebe, den pO_2 arteriell zu messen. Auch alle übrigen Parameter des Säure-Basen-Haushaltes lassen sich grundsätzlich im Kapillarblut, im venösen oder im arteriellen Blut sowie im Blut der Nabelvene oder Nabelarterie bestimmen. Es muß nur Einigkeit über die biologische Aussage und Interpretation der entsprechenden Resultate erzielt werden. Eine große Anzahl von Autoren hat dieses Problem, auf das hier nur kurz eingegangen werden soll, bearbeitet. So kommen SEARCY et al. (1963), SALING (1964) und ADAMSONS et al. (1970) zu dem Schluß, daß Kapillarblut oder venöses Blut wertvollere Informationen über den Säure-Basen-Haushalt liefern kann als

arterielles Blut. MITSCHKE (1973) findet beim Hund eine hohe Korrelation zwischen arteriellen und venösen Säure-Basen-Verhältnissen, besonders für die metabolischen Komponenten (BE/SBE und $\text{HCO}_3^-/\text{SBC}$). Bei der Bestimmung des pH-Wertes und des pCO_2 über das Venenblut ist mit einem etwas größeren Streuungsfehler zu rechnen als bei der Bestimmung im Kapillarblut. SHIER und DILTS (1972) stellen beim Lammfetus eine hohe Korrelation zwischen kapillärem und venösem pH-Wert und pCO_2 fest, während der kapilläre pO_2 besser mit dem arteriellen Blut korreliert. WAIZENHÜFER (1977) betrachtet vergleichend die venösen, arteriellen und kapillären pH- und Blutgaswerte beim neugeborenen Kalb und findet, daß die Medianwerte der kapillären pH-, pO_2 - und pCO_2 -Werte zwischen denen des venösen und arteriellen Blutes liegen, wobei sie sich näher an den arteriellen befinden.

2.1.2 Säure-Basen-Haushalt und Blutgase beim Menschen sub partu

Im Gegensatz zur Veterinärmedizin sind in der Humanmedizin auf dem Gebiet der Perinatalogie zahlreiche Arbeiten veröffentlicht worden, die sich mit dem Säure-Basen-Haushalt und den Blutgasverhältnissen des Feten vor und während der Geburt befassen.

Der Säure-Basen-Haushalt der Mutter ist während der Gravidität durch eine zunehmende respiratorische Alkalose gekennzeichnet, die durch den Progesteroneinfluß hervorgerufen wird. Die Alkalose wird durch eine negative Basenabweichung kompensiert, so daß sich der pH-Wert kaum verändert. Zu Beginn der Eröffnungsphase unterscheidet sich der Säure-Basen-Haushalt des Fetus nicht von dem der Mutter (KÖNZEL et al. 1970; KÖNZEL 1974). Die für den Fetus als physiologisch angesehene geringgradige respiratorisch-metabolische Azidose (WULF u. MANZKE 1964) entwickelt sich also erst im

Verlauf der Geburt und besonders in der Austreibungsphase (FISCHER 1965; BERG et al. 1966) und wird in deutlicher Abhängigkeit von Dauer und Schwere derselben gesehen (BERG et al. 1970; LAMBERTI et al. 1972; WOOD et al. 1973; KÜNZEL 1974). BERG et al. (1966) sowie WULF et al. (1967) verweisen ausdrücklich auf die Bedeutung der letzten halben Stunde, wobei an der Entstehung der Azidose nach WULF und MANZKE (1964) sowie BERG et al. (1966) utero-plazentare Durchblutungsstörungen ursächlich beteiligt sein sollen.

Die klassische Vorstellung über die Ursachen einer intra-uterinen Asphyxie/Hypoxie war ausschließlich respiratorischer Art (O_2 -Mangel und CO_2 -Überladung).

Nach Untersuchungen von FISCHER (1965), CAFFIER und WULF (1967) sowie BERG et al. (1970) ist der Einfluß der fetalen Hyperkapnie auf den pH-Wert gegen Geburtsende größer als der Anstieg der fixen Säuren. Die primär metabolische Azidose wird respiratorisch überlagert.

JAMES et al. (1958) haben den Milchsäureanstieg beim Fetus als größten metabolischen Bestandteil der fetalen Azidose erkannt.

Durch die von SALING (1961, 1962) entwickelte Methode der Mikroblooduntersuchung am "vorangehenden Teil" des Fetus, waren weitere Fortschritte auf dem Gebiet der Perinatalogie möglich. So fanden SALING (1963, 1964, 1966a, 1966b) und KUBLI (1966), daß oft "nur" eine Milchsäureüberladung ohne oder mit nur geringfügiger zentraler Hypoxie vorliegt. Dieses Phänomen wird durch die Saling'sche O_2 -Sparschaltungstheorie erklärt (SALING 1966a, 1966b), die besagt, daß es bei abnehmender O_2 -Zufuhr durch Vasokonstriktion zur kompensatorischen Anpassung an die herabgesetzte O_2 -Anlieferung kommt. Dabei wird die Durchblutung weniger wichtiger Körperabschnitte wie Muskulatur, Haut, Lungen, Eingeweide usw. gedrosselt. Die eingesparte O_2 -Menge kommt den lebenswichtigen Organen, z.B. Herz und Gehirn, zugute, wie SCHOLANDER (1959) an tauchenden Säugetieren nachweisen kann-

te. Ein Abfall des O_2 -Verbrauches des Fetus bei auftretendem O_2 -Mangel ist von DAWES (1962) im Tiërexperiment nachgewiesen worden. Ein "schleichender" O_2 -Mangel führt also zu einer Drosselung des O_2 -Verbrauchs und evtl. über Chemorezeptoren im Aortenbogen (Glomus aorticum) zu einer Vasokonstriktion in bestimmten Körperabschnitten (DAWES et al. 1969). In Abhängigkeit vom Grad und der Dauer des O_2 -Mangels setzt in den ischämischen Geweben die anaerobe Glykolyse ein. Nur wenn die Glykolyse ein bestimmtes Maß übersteigt, gelangt die dabei entstehende Milchsäure in den Kreislauf und führt zu einer metabolischen Säurebelastung (SALING 1966a, 1966b). Dies ist am deutlichsten nach der Geburt durch vollständige Öffnung der Terminalbahnen zu beobachten. Es besteht jedoch auch während der Geburt bei O_2 -Mangel eine periphere Minimaldurchblutung.

BRETSCHER und SCHMID (1970) sehen bei Normalgeburten keine nennenswerte Laktatbildung, und auch CAFFIER und WULF (1967) erwarten übermäßige Laktatbildung nur bei "pathologischen" Geburten. LOW et al. (1975) finden, daß je niedriger der fetale pO_2 ist, desto größer ist der Asphyxiegrad und die Laktatbildung.

Als weitere Ursache für die Entstehung der fetalen metabolischen Azidose kommt der Übertritt von Säuren, vorwiegend Laktat, infolge starker Muskulararbeit des Uterus und der Bauchpresse, vom mütterlichen in den fetalen Kreislauf in Betracht. WULF und MANZKE (1964) prägen dafür den Begriff "Infusionsazidose".

Eine maternale respiratorische Azidose hat nach BEARD und MORRIS (1965) sowie nach KUBLI (1968) im Gegensatz zur maternalen metabolischen Azidose keine Auswirkung auf den Fetus. Die Autoren folgern daraus, daß das fetale Säure-Basen-Verhältnis nicht jeder Alteration im maternalen Säure-Basen-Haushalt folgt.

Insbesondere seit der Einführung der Mikroblutuntersuchung durch SALING (1961) sind auf dem Gebiet der Perinatalogie

zahlreiche Arbeiten veröffentlicht worden.

Die verschiedenen Autoren beziehen ihre Angaben oft auf die Weite der Zervix a.p., die Lage des kindlichen Kopfes am Beckenboden bzw. Beckenausgang oder auf den Beginn und das Ende der Eröffnungs- und Austreibungsphase. Seltener erfolgen die Untersuchungen unter Berücksichtigung des Zeitpunktes ante partum als zeitliche Verlaufsuntersuchung, wie z.B. von FISCHER (1965) oder WULF et al. (1967), die während der Geburt in relativ kurzen Abständen kontinuierlich die Blutgase und den Säure-Basen-Status untersuchten.

Einige Autoren werten ihre Untersuchungen an zwei oder mehreren Gruppen aus. Meist geschieht die Einteilung der Gruppen an Hand von Kriterien, die unmittelbar post partum erfaßt werden. Hierzu gehören die Beurteilung der Lebensfrische mittels Apgar-Score (APGAR 1966) oder biochemischer Meßdaten. Andere Untersucher wählen Farbabweichungen des Fruchtwassers oder fetale Herztonalterationen sub partu als Kriterium. Damit lassen sich die zum Teil erheblich voneinander abweichenden Ergebnisse erklären. Ebenso beeinflussen jedoch unterschiedliche Labortechniken sowie die Verschiedenheit des "Untersuchungsgutes" und der Geburtsleitung die Ergebnisse. Alle Autoren sind jedoch bestrebt, "Normwerte" zu erstellen, um sowohl nach als auch besonders während der Geburt gefährdete (= asphyktische) Feten rechtzeitig zu erkennen und entsprechende Maßnahmen einleiten zu können.

Im Rahmen dieser Arbeit werden nur diejenigen Autoren berücksichtigt, die über den Säure-Basen-Haushalt und/oder die Blutgase unmittelbar sub partu berichten (siehe Tab.2-7, S.13-15).

SALING (1964) war es, der mit Hilfe der von ihm entwickelten Methode zum ersten Male Angaben über die Entwicklung und den Verlauf der fetalen Azidose während der Geburt machen konnte. Er hat auch als erster Normwerte für die Parameter pH-Wert, pCO_2 , BE und SAT erarbeitet. In der Folge konnten seine Ergebnisse durch eine Vielzahl von Autoren im wesent-

lichen bestätigt werden. Demnach kommt es während des gesamten Geburtsablaufes zu einem ziemlich kontinuierlichen Abfall des fetalen pH-Wertes, des BE, des pO_2 und der SAT. Der CO_2 -Partialdruck steigt dagegen an.

Wegen der herausragenden Bedeutung des pH-Wertes für die Beurteilung der metabolischen sowie der respiratorischen Stoffwechsellaage, besonders auch während der Geburt, soll hier etwas näher auf die entsprechende humanmedizinische Literatur eingegangen werden. SALING (1964) sowie BERG et al. (1966) geben für den pH-Wert zu Beginn der Austreibungsphase 7,21 bzw. 7,14 als untere Norm an. Für die Nabelarterie bzw. Vene werden von SALING (1964) unmittelbar nach der Geburt 7,09 bzw. 7,15 als untere Norm betrachtet, während nach Ansicht von HOBEL (1971) pH-Werte zwischen 7,17 und 7,28 in der Nabelarterie und 7,22 und 7,36 in der Nabelvene unmittelbar p.p. auf Asphyxie hinweisen. LOW et al. (1975) ermitteln zu Beginn und Ende der Austreibungsphase einen mittleren pH-Wert von 7,221 bzw. 7,176 bei asphyktischen Feten. PERSIANINOV et al. (1965) unterscheiden vier Formen der Asphyxie und stellen fest, daß sich die Azidose proportional zum Asphyxiegrad verhält. Im ausgeprägtesten Fall von Asphyxie finden die Autoren unmittelbar p.p. in der A. bzw. V.umbilicalis einen mittleren pH-Wert von 6,09 bzw. 7,05. DEBDAS und CHOWDHURY (1970) geben für stark asphyktische Säuglinge sogar 6,87 (6,60 bis 7,10) und 7,02 (6,80 bis 7,15) als mittleren pH-Wert in den entsprechenden Gefäßen an.

Während der Geburt halten BRETSCHER und SALING (1967, 1969) einen fetalen pH-Wert von $\leq 7,19$ für pathologisch und sehen bei einem pH-Grenzwert um 6,70 keine Möglichkeit mehr für fetales Leben, wobei auch die Azidosedauer von Bedeutung ist.

Tabellen 2-7: Chronologische Literaturzusammenstellung von Mittelwerten des Säure-Basen-Haushaltes und der Blutgase aus dem Kapillarblut "normaler" Kinder während der Geburt. Angabe der Differenz zwischen Beginn und Ende der Austreibungsphase

Tabelle 2: pH-Wert

Jahr	Autoren	Austreibungsphase		
		Beginn	Ende	Differenz
1964	SALING	7,302	7,277	0,025
1965	BEARD und MORRIS	7,28	7,235	0,045
1965	FISCHER	7,25	7,18	0,07
1966	BERG et al.	7,30	7,27	0,03
1966	KUBLI	7,30	7,27	0,03
1967	BRETSCHER und SALING	7,337	7,295	0,042
1967	WULF et al.	7,36	7,31	0,05
1970	BERG et al.	7,30	7,25	0,05
1975	LOW et al.	7,313	7,279	0,034

Tabelle 3: Basenüberschuß (BE) mmol/l

Jahr	Autoren	Austreibungsphase		
		Beginn	Ende	Differenz
1964	SALING	- 6,9	-10,1	-3,2
1965	BEARD und MORRIS	- 6,7	-9,1	-2,4
1965	FISCHER	-11,9	-14,1	-2,2
1966	BERG et al.	- 6,7	-7,6	-1,1
1967	WULF et al.	- 3,8	-5,8	-2,0
1970	BERG et al.	- 7,0	-8,3	-1,3

Tabelle 4: Standardbicarbonat (SBC) mmol/l

Jahr	Autoren	Austreibungsphase		
		Beginn	Ende	Differenz
1964	SALING	18,0	16,5	1,5
1965	FISCHER	15,1	13,6	1,5
1967	WULF et al.	20,7	19,7	1,0
1970	BERG et al.	18,9	17,9	1,0

Tabelle 5: Kohlendioxidpartialdruck (pCO₂) mmHg

Jahr	Autoren	Austreibungsphase		
		Beginn	Ende	Differenz
1964	SALING	48,8	51,1	2,3
1965	FISCHER	33,6	40,0	6,4
1966	BERG et al.	-	49,9	-
1967	WULF et al.	36,9	44,7	7,8
1970	BERG et al.	47,4	52,0	4,6
1975	LOW et al.	45,0	51,0	6,0

Tabelle 6: Sauerstoffpartialdruck (pO_2) mmHg

Jahr	Autoren	Austreibungsphase		
		Beginn	Ende	Differenz
1966	BERG et al.	-	14,0	-
1967	WULF et al.	23,9	17,2	6,7
1970	BERG et al.	16,6	15,4	1,2
1975	LOW et al.	19,8	16,6	3,2

Tabelle 7: Sauerstoffsättigung (SAT) %

Jahr	Autoren	Austreibungsphase		
		Beginn	Ende	Differenz
1964	SALING	34,9	30,4	4,5
1966	BERG et al.	-	24,7	-
1970	BERG et al.	31,5	23,7	7,8
1975	LOW et al.	42,0	30,0	12,0

2.1.3 Säure-Basen-Haushalt und Blutgase bei Tieren sub partu

Da bisher sehr wenige Untersuchungen sub partu durchgeführt wurden, werden zu Vergleichszwecken auch einige Ergebnisse aufgeführt, die unmittelbar p.p., noch vor dem ersten Atemzug ermittelt wurden. Außerdem werden auch andere Spezies als das Rind berücksichtigt, um Gemeinsamkeiten der verschiedenen Tierarten anzudeuten.

Die meisten Autoren untersuchen im Zeitraum der Hochträchtigkeit, wobei hier bei verschiedenen Tierarten einige Werte insbesondere aus dem Blut der A. und V.umbilicalis vorliegen. Die Mehrzahl der Autoren kommt übereinstimmend zu dem Ergebnis, daß die größten Veränderungen im Säure-Basen-Haushalt und bei den Blutgasen erst im letzten Abschnitt der Geburt bzw. in den ersten Lebensminuten auftreten. Das bedeutet, daß während der Gravidität nur geringe Verschiebungen der Werte zu erwarten sind.

Beim Kaninchenfetus fanden BRUNS et al. (1963) wenige Tage a.p. in der V.umbilicalis einen mittleren pH-Wert von 7,34, einen mittleren pCO_2 von 42,7 mmHg und einen mittleren Standardbicarbonatgehalt von 21,2 mmol/l. Die entsprechenden arteriellen Muttertierwerte betragen zur gleichen Zeit im Mittel 7,34, 33,4 mmHg bzw. 23,2 mmol/l.

COMLINE und SILVER (1970) führten bei Pferden und Schafen vier Wochen ante partum (a.p.) Untersuchungen durch und finden in der A.umbilicalis einen mittleren pH-Wert von 7,346 bei beiden Spezies. Die Werte in der V.uterina betragen bei den Stuten 7,408 und bei den Schafen 7,440. Weiter ermitteln die Autoren einen mittleren pCO_2 von 46,2 bzw. 45,7 mmHg bei Pferdefeten bzw. bei Schaffeten. Der CO_2 -Partialdruck der Muttertiere beträgt 38,4 (Stute) bzw. 37,9 mmHg (Schaf) und für den Sauerstoffpartialdruck 50,2 (Stute) bzw. 53,1 mmHg (Schaf). Die Pferdefeten weisen einen mittleren pO_2 von 33,4 und das Lamm von 22,8 mmHg auf. Zu sehr

ähnlichen Ergebnissen kommen dieselben Verfasser 1972, als sie beim Schaf 1-9 Tage a.p. allerdings in der fetalen V.cava caudalis einen mittleren pH-Wert von 7,39, einen mittleren $p\text{CO}_2$ von 48,4 und einen mittleren $p\text{O}_2$ von 25,4 mmHg feststellen. Die entsprechenden Muttertierwerte werden in der V.uterina ermittelt und lauten für den pH-Wert 7,45, für den $p\text{CO}_2$ 37,9 mmHg und für den $p\text{O}_2$ 52,7 mmHg.

Bei ihren Versuchen an trächtigen Schafen stellen BLECHNER et al. (1960) sowie CURET (1970) übereinstimmend keine signifikanten Korrelationen zwischen maternalen und fetalen pH-Werten, BE und Bicarbonatgehalten fest. Sie schließen daraus, daß der Schafplazenta keine entscheidende Bedeutung bei der Regulation des Säure-Basen-Gleichgewichtes zukommt. SMITH und SCHWARTZ (1970) sehen beim fetalen Lamm die Niere als wichtigstes Regulationsorgan des Säure-Basen-Gleichgewichtes an.

Für das neugeborene Fohlen ermittelt ROSSDALE (1968) vor dem ersten Atemzug in der A.umbilicalis im Mittel für den pH-Wert 7,260, den $p\text{CO}_2$ 69,1 mmHg und für den $p\text{O}_2$ 35,4 mmHg. Im Vergleich zu den von COMLINE und SILVER (1970) vier Wochen a.p. bei Pferdefeten gefundenen Werten wird besonders am pH-Wert und dem CO_2 -Partialdruck der Einfluß des Geburtsganges deutlich.

KRAUB (1977) ermittelte drei Tage a.p. in der A.umbilicalis des Ferkelfetus folgende Mittelwerte: pH-Wert 7,290, $p\text{CO}_2$ 54,9 und $p\text{O}_2$ 17,1 mmHg. Dagegen scheint der von RANDALL (1972) in der V.cava cranialis gefundene pH-Wert von 7,312 für das neugeborene Ferkel unmittelbar p.p. etwas hoch zu liegen, während WILHELM (1975) unter gleichen Voraussetzungen einen pH-Wert von 7,253 ermittelt. Weiterhin findet der letztgenannte Autor für den $p\text{CO}_2$ 60,7 mmHg, für den $p\text{O}_2$ 28,5 mmHg, für den BE -3,9 mmol/l, für den HCO_3^- -Gehalt 23,0 mmol/l und für den SBC-Gehalt 21,0 mmol/l im Mittel.

Zu den Pionieren auf dem Gebiet der Perinatalogie des Rindes zählen u.a. MÜLLING et al., die 1972 bei Kalb und

Muttertier unmittelbar p.p. in der V.jugularis einen mittleren pH-Wert von 7,287 bzw. 7,442 ermitteln.

WAIZENHÖFER (1977) findet den für "lebensfrische" Kälber unmittelbar p.p. bisher niedrigsten pH-Mittelwert von 7,209, während der Sauerstoffpartialdruck mit 26,7 mmHg und auch der Kohlendioxypartialdruck mit 59,4 mmHg etwa den Ergebnissen der übrigen Autoren entspricht (siehe Tab.8, S.22).

MAURER-SCHWEIZER et al. (1977) untersuchten den Säure-Basen-Haushalt und die Blutgase bei "lebensfrischen" Kälbern in den ersten 24 Lebensstunden im Blut der V.jugularis. Dabei werden folgende Mittelwerte unmittelbar p.p. gemessen: pH-Wert 7,245, pCO_2 59,2 mmHg, BE -3,1 mmol/l, SBC 21,9 mmol/l, HCO_3^- 25,1 mmol/l, pO_2 23,8 mmHg und SAT 49,6%. Zusammenfassend stellen die Autoren heraus, daß "lebensfrisch" geborene Kälber mit einer leichten, gemischt respiratorisch-metabolischen Azidose geboren werden. In einer weiteren Untersuchung stellen MAURER-SCHWEIZER und WALSER (1977) anhand ihrer Ergebnisse fest, daß ein signifikanter Unterschied zwischen "lebensfrischen" und "asphyktischen" Kälbern im pH-Wert und in den metabolischen Parametern (BE, SBC, HCO_3^-), nicht jedoch im Kohlensäurepartialdruck vorliegt.

Signifikante Unterschiede auch für den pCO_2 findet aber PETSCHENIG (1978), wohingegen MOORE (1969) als Ursache für die stärkere Geburtsazidose bei asphyktischen Tieren allein metabolische Veränderungen angibt. Er findet unmittelbar nach der Geburt einen pCO_2 von 67,3 mmHg im Jugularvenenblut. Dieser für Normalgeburten verhältnismäßig hohe Partialdruck entspricht am ehesten dem von EICHLER-STEINHAUFF (1977) beim Kalb in der Austreibungsphase gemessenen CO_2 -Partialdruck (siehe Tab.9, S.23). Von diesem Autor stammt auch die erste Verlaufsuntersuchung ante partum des pH-Wertes sowie des Sauerstoff- und Kohlendioxypartialdruckes beim Kalb. Im Zeitraum 55-40 Min. a.p. beobachtet er in der V.jugularis des Kalbes pH-Werte zwischen 7,263 und 7,407

(Median 7,341), die danach bis zum Partus auf 7,167 bis 7,373 (Median 7,255) abfallen. Der $p\text{CO}_2$ -Medianwert liegt 55-40 Min. a.p. bei 55,5 und steigt auf 65,6 mmHg unmittelbar vor der Geburt an. Beim $p\text{O}_2$ stellte er die größten Schwankungen sowohl vor als auch während der letzten halben Stunde a.p. mit 8,4 bis 34,5 mmHg fest. 55-40 Min. a.p. beträgt der $p\text{O}_2$ -Medianwert 18,6, der auf 17,3 mmHg unmittelbar a.p. abfällt.

Nach einer von WAIZENHÖFER und BRATTIG (1975) beschriebenen Methode veröffentlichten MÜLLING et al. (1979) Ergebnisse einer kontinuierlichen subpartalen Blutuntersuchung in einem peripheren Gefäß beim Kalb, wobei sie ähnlich wie EICHLER-STEINHAUFF (1977) eine Verschiebung des pH-Medianwertes von 7,294 (70 Min. a.p.) über 7,318 (30 Min. a.p.) auf 7,269 unmittelbar vor der Geburt feststellen. In der V.jugularis des Muttertieres finden sie zu den entsprechenden Zeiten relativ gleichbleibende pH-Medianwerte von 7,451 (70 Min. a.p.) und 7,466 (unmittelbar a.p.). Außerdem stellen sie ein Ansteigen von maternalem und fetalem Laktat fest. Den Säure-Basen-Haushalt und die Blutgasverhältnisse bei normalen und asphyktischen Kälbern vor und nach einem Kaiserschnitt untersuchen AMMANN et al. (1974). Vor der Geburt erfolgt die Blutentnahme durch Punktion der Nabelgefäße, unmittelbar nach der Geburt und 30 Min. p.p. aus der V.jugularis. Mit zunehmendem Grad der Asphyxie erfolgt nach den Untersuchungen schon pränatal bzw. unmittelbar p.p. ein Absinken des pH-Wertes auf 7,0 und niedriger, ein Ansteigen des $p\text{CO}_2$ auf 70 mmHg und höher und eine Reduktion des Bicarbonates auf 11 mmol/l. Die daraus hervorgehende Azidose entwickelt sich demnach schon vor der Geburt und ist vorwiegend metabolischer Natur. Einen ausgeglichenen Säure-Basen-Haushalt beobachten die Autoren nur bei normalen Kälbern vor der Geburt. Kälber mit leichter Asphyxie zeigen danach schon pränatal gegenüber normalen Tieren deutlich niedrigere pH- und Bicarbonatwerte. Der $p\text{CO}_2$ -Anstieg ist, wie auch nach den

Untersuchungen von MAURER-SCHWEIZER und WALSER (1977) am neugeborenen Kalb, nicht signifikant und eine Korrelation zum Säure-Basen-Haushalt der zugehörigen Muttertiere besteht weder für den pCO_2 noch für den pH-Wert oder das Bicarbonat. Zwischen "asphyktischen" und "normalen" Kälbern besteht nach MAURER-SCHWEIZER und WALSER (1977) auch kein signifikanter Unterschied im Sauerstoffpartialdruck oder der Sauerstoffsättigung.

DUFTY und SLOSS (1977) untersuchten den SBH und die Blutgase des Rindes 1-2 Tage a.p. im Blut aus der A.umbilicalis und der V.jugularis des Muttertieres, wobei sich folgende Mittelwerte für die einzelnen Parameter ergeben:

Fetus (A.umbilicalis)			Muttertier (V.jugularis)		
pH-Wert		7,34			7,41
pCO_2	mmHg	56,1			46,4
pO_2	mmHg	18,0			32,4
HCO_3^-	mmol/l	29,5			28,8
SBC	mmol/l	21,0			24,8
BE	mmol/l	3,0			3,3
TCO_2	mmol/l	31,4			30,5

BORN (1981) sowie EIGENMANN et al. (1981) untersuchten den Einfluß der Schnittentbindung auf den Säure-Basen-Haushalt und folgern aufgrund ihrer Untersuchungsergebnisse, daß die metabolische Ausgangslage der Frucht vor Beginn der sectio caesarea entscheidend für die Entwicklung in der ersten Lebenswoche ist. Etwa 30 Minuten vor der Schnittentbindung entnahmen die Autoren den Kälbern Blut aus einem peripheren Gefäß zur Analyse. Die Kälber werden dann nach den ermittelten pH-Werten in drei Gruppen eingeteilt:

- A) ohne intrauterine Azidose (pH-Wert über 7,2)
- B) leichte bis mittelgradige intrauterine Azidose (pH-Wert 7,0 bis 7,2)
- C) schwere intrauterine Azidose (pH-Wert unter 7,0).

Für die drei Gruppen erhielten die Autoren folgende mittlere Blutwerte:

	pH-Wert	SBC (mmol/l)	BE (mmol/l)	pCO ₂ (mmHg)
A)	7,27	20,5	-3,0	52
B)	7,09	14,7	-10,3	68
C)	6,88	9,6	-18,5	89

Parallel zum sinkenden pH-Wert ist eine nachlassende Pufferkapazität und ein steigender Kohlendioxydpartialdruck zu beobachten.

Tabelle 8: Literaturübersicht über Mittelwerte der Blutgase und des Säure-Basen-Haushaltes in der V.jugularis "lebensfrischer" Kälber unmittelbar post partum

/ pH-Wert	PCO_2 [— mmHg —]	PO_2 [— mmHg —]	HCO_3^- [— mmol/l —]	SBC	BE	TCO_2 [— mmol/l —]	Autor	Jahr
7,24	67,4	-	28,2	-	-	-	MOORE	1969
7,287	-	-	-	-	-	-	MÜLLING et al.	1972
7,245	59,2	23,8	25,1	21,9	-3,1	-	MAURER-SCHWEIZER et al.	1977
7,209	59,4	26,7	-	-	-	-	WAIZENHÖFER	1977
7,270	55,8	24,6	24,6	20,5	3,0	26,2	PETSCHENIG	1978

Tabelle 9: Literaturübersicht über Mittelwerte der Blutgase und des Säure-Basen-Haushaltes "Lebensfrischer" Kälber ante partum unter verschiedenen Bedingungen

Untersuchungs- bedingungen	pH-Wert	pCO_2 [— mmHg —]	pO_2 [— mmHg —]	HCO_3^- [— mmol/l —]	SBC	BE	TCO_2 [— mmol/l —]	Autor	Jahr
A.umbilicalis unmittelbar a.p. keine oder leichte Asphyxie (Sectio!)	7,33	50,6	-	25,5	-	-	-	AMMANN et al.	1974
A.umbilicalis Sectio 1-2 Tage vor Geburtstermin	7,34	56,1	18,0	29,5	21,0	3,0	31,4	DUFFY und SLOSS	1977
V.jugularis Ausstreibungsphase	7,269	66,0	17,1	-	-	-	-	EICHLER- STEINHAUFF	1977
V.cava caudalis 24 Stunden a.p.	7,25	61,0	27,7	-	-	-	-	WILSON et al.	1977
V.metacarp. volar. superficialis unmittelbar a.p.	7,269	-	-	-	-	-	-	MÜLLING et al.	1979
V.digit. dors. com. III nach Bläsensprung keine intrauterine Azidose (pH-Wert 7,2)	7,27	52,0	-	-	20,5	-3,0	-	BORN	1981

3. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

3.1 Material und Methoden

3.1.1 Versuchstiere

Die Untersuchungen wurden subpartal an 26 in Vorderendlage befindlichen Feten von 26 gesunden, in einer Normalgeburt befindlichen Kühen der Rasse "Deutsche Schwarzbunte" durchgeführt. Parallel dazu wurden auch bei den Muttertieren Untersuchungen vorgenommen. Das Alter der Kühe betrug 4-9 Jahre. Die Fütterung der Tiere bestand einheitlich aus Kleie, Treber, Zuckerrübenschnitzel, Kraftfutter, Mineralstoffen und Heu.

3.1.2 Operationsverfahren zur Blutgewinnung

Nach dem Sprung beider Fruchtblasen wurde beim Muttertier eine "kleine" Extraduralanästhesie (5-8 ml Hostacain^R 2%-ig, Fa. Hoechst) gesetzt. Nach der Entfernung störender Eihautteile wurde zunächst ein Vorderbein in eine Karpalbeugehaltung gebracht. Die zweite Vorderextremität wurde oberhalb des Karpalgelenkes mit einem Geburtsstrick angeschlungen und soweit herausgezogen, bis das Gelenk außerhalb der Schamlippen sichtbar wurde. Sodann wurde die Extremität distal der Fixation des Geburtsstrickes rasiert und desinfiziert und eine Hautinzision etwa 1 cm palmar der medialen Afterklaue parallel zur Gliedmaßenachse auf einer Länge von 2-3 cm vorgenommen. Die Haut wurde zurückgeklappt, so daß die angestaute Vena digitalis palmaris communis III sichtbar wurde. Nachdem diese freipräpariert worden war, wurde sie im distalen Bereich unterbunden, eröffnet und dann ein Katheter von ca. 91,5 cm Länge eingeführt (Katheter: Fa. CR BARD INTERNATIONAL LTD, Sunderland England, Typ: RECORD 1936 RK CATHETER

36 ins. 91,44 cm Needle Size 14g x 2. Vertrieb: Fa. J. Pfrimmer & Co., Erlangen).

Vorher wurde notwendigerweise der Geburtsstrick von der beschriebenen Stelle gelöst und stattdessen distal der Inzision angeschlungen. Der Katheter wurde ca. 80, max. 85 cm vorgeschoben, und zwar über die Vena metacarpia palmaris, Vena mediana, Vena brachialis, Vena axillaris, Vena subclavia bis in die Vena cava cranialis. Die Spitze des Katheters, der zur Entnahme der sog. "zentralen" Blutproben dient, kam je nach Größe des Fetus in die Nähe des Sinus venosus zu liegen. Verlauf und Lage des Katheters wurden anhand von Vorversuchen röntgenologisch und präparatorisch nachgewiesen.

Nach Ligierung des Gefäßes auf dem Katheter wurde dieser mit einem In-Stopfen^R (Fa. Braun, Melsungen) verschlossen und das Lumen mit physiologischer Kochsalzlösung aufgefüllt. Die Hautinzision wurde vernäht und das Ende des Katheters mittels 50 mm breiten Tesabandes am Carpus fixiert. Entsprechend der oben angeführten Methode wurde an der zweiten Vorderextremität ein 30 cm langer Katheter gelegt, der ca. 10-15 cm vorgeschoben wurde und dadurch mit seiner Spitze im Bereich der Vena metacarpia palmaris bzw. Vena mediana zu liegen kam (Katheter: Venokath^R 30 cm, Fa. J. Pfrimmer & Co., Erlangen). Dieser Katheter diente zur Entnahme der sog. "peripheren" Blutproben.

Nach dem Wiedereinsetzen der Preßwehen befanden sich dann beide Vorderextremitäten wieder in gestreckter Haltung. Bei den Muttertieren wurde eine Braunüle^R (G2, Fa. Braun, Melsungen) in eine Vena jugularis externa geschoben, fixiert und mit Mandrin verschlossen.

Zwischen dem Sprung der Fruchtblasen und dem Wiedereinsetzen der Preßwehen vergingen durchschnittlich 120 Minuten und bis zur Geburt vergingen durchschnittlich weitere 50 Minuten. Mit Beginn der Preßwehen wurde dann kontinuierlich Blut entnommen.

3.1.3 Blutentnahmen und Behandlung der Blutproben

Die Entnahme der Blutproben erfolgte nach Entfernen der In-Stopfen^R und Verwerfen der ersten ml auslaufender Flüssigkeit. Dann wurde eine mit Heparin präparierte 2 ml-Plastikspritze aufgesetzt und unter Vermeidung der Aspiration von atmosphärischer Luft die Blutprobe entnommen. Aus jedem Katheter wurde möglichst am Höhepunkt einer Preßwehe 1 ml Blut entnommen. Die Spritzen wurden luftdicht verschlossen und, in Eiswasser gestellt, zur Analyse gebracht.

Zentrale und periphere Blutproben wurden dem Fetus alle 10 Minuten während der Austreibungsphase entnommen. Die letzte Blutprobenentnahme erfolgte im Moment der Geburt, der im folgenden als Zeitpunkt 0 angegeben wird. Die letzten sechs Proben aus jedem der beiden Katheter wurden dann in vorliegender Arbeit berücksichtigt. Bei den Muttertieren erfolgte die Blutentnahme möglichst parallel zu jeder zweiten Blutentnahme beim Fetus. Die Blutuntersuchungen erfolgten spätestens 10 Minuten nach Entnahme, wobei jede Blutprobe vorher 30 Sekunden durchmischt wurde.

3.1.4 Analysengeräte und bestimmte Blutparameter

Im Blutgasautomat ABL 2 der Fa. Radiometer Copenhagen erfolgten die Bestimmungen folgender Parameter:

pH	= aktueller pH-Wert
pCO ₂	= aktueller CO ₂ -Partialdruck in mmHg
pO ₂	= aktueller O ₂ -Partialdruck in mmHg

Der Hämoglobingehalt (Hb) wurde vom ABL 2 ebenfalls bestimmt, aber nur zur Berechnung einiger metabolischer Parameter (besonders des SBC) benötigt. Eine Auswertung des Hb erfolgte deshalb in der vorliegenden Arbeit nicht.

Vom Analysengerät berechnet wurden:

HCO_3^-	= Plasmabicarbonat oder aktuelles Bicarbonat in mmol pro Liter Plasma
TCO_2	= Gesamt- CO_2 in mmol pro Liter Blut
BE	= Basenüberschuß (base excess) in mmol pro Liter Blut
SBE	= Standard-Basenüberschuß oder in vivo Basenüberschuß in mmol pro Liter
SAT	= Sauerstoffsättigung in Prozent
SBC	= Standardbicarbonat in mmol pro Liter Plasma

Im Prinzip wird für die Bestimmung des pH-Wertes sowie der Partialdrucke von CO_2 und O_2 das Vorhandensein einer Körpertemperatur von 37°C angenommen. Der ABL 2 erlaubt jedoch eine Korrektur auf die "wahre Patiententemperatur". Nachfolgendes Beispiel (Geräteausdruck) einer Messung bei 37°C und der Korrektur auf $39,5^\circ\text{C}$ zeigt die Bedeutung der Körpertemperatur in diesem Zusammenhang auf.

Temp. $37,0$

Hb	8,0
pH	7,359
pCO_2	46,1
pO_2	36,2
HCO_3	25,5
TCO_2	26,9
BE	,0
SBE	,2
SAT	67,5
SBC	23,8

Temp. $39,5$

Hb	8,0
pH	7,322
pCO_2	52,0
pO_2	43,2
HCO_3	25,5
TCO_2	26,9
BE	,0
SBE	,2
SAT	67,5
SBC	23,8

Deshalb wurde in Vorversuchen subpartial bei in Hinterendlage befindlichen Feten und unmittelbar p.p. bei allen Neugeborenen die mittlere rektale Körpertemperatur ermittelt.

Diese Temperaturen wurden mit den gleichzeitig erhobenen Rektaltemperaturen der Muttertiere verglichen. Dabei stellte sich heraus, daß die Kälbertemperaturen im Durchschnitt um $0,5^{\circ}\text{C}$ (0,2 bis 0,9) höher lagen als die Temperaturen der Muttertiere. Bei der Blutanalyse wurde dieser Faktor dann in jedem Falle berücksichtigt.

3.1.5 Darstellung der Meßergebnisse und statistische Auswertung

Die Verlaufskurven der verschiedenen Parameter a.p. wurden für jedes Einzeltier, getrennt nach Blutentnahmeort, nebeneinander graphisch dargestellt, um Unterschiede optisch zu veranschaulichen. Zusätzlich wurden in die Graphiken die ermittelten Mediane eingezeichnet. Diese wurden auch in Tabellenform mit dem dazugehörigen Minimal- und Maximalmeßwert dargestellt.

Die Einteilung in volle 10-Minuten-Schritte ist willkürlich. Sie war aber notwendig, da bei der Blutentnahme (im 10-Minutenrhythmus) der Geburtszeitpunkt natürlich nicht vorher bekannt ist. Nach der letzten Blutentnahme bei jedem Tier, die immer in der letzten Minute a.p. erfolgte, wurden im Nachhinein die vorherigen Werte dann den Zeitpunkten 10, 20, 30, 40 und 50 Minuten a.p. zugeordnet. Dabei wurden dann alle Werte im Zeitintervall 5-14 Min. a.p. zum 10-Minuten-Wert zusammengefaßt, alle Werte im Zeitintervall 15-24 Min. a.p. zum 20-Minuten-Wert usw. Da in der Mehrzahl die sog. 10-Minuten-Werte jedoch zwischen 5 und 10 Min. a.p. gewonnen wurden, die Mehrzahl der 20 Minuten-Werte zwischen 15 und 20 Min. a.p. usw., erscheint der zeitliche Ablauf der Hypoxie mit allen seinen Folgen etwas verlängert. Trotzdem wurde diese Zeiteinteilung gewählt, um zu jedem Zeitpunkt eine größere Anzahl Tiere und damit eine bessere Vergleichbarkeit der Werte zu erreichen.

Die im Vergleich zu den übrigen Parametern geringere Anzahl von pO_2 - und SAT-Werten entstand durch sporadischen Ausfall der O_2 -Elektrode des Blutgasautomaten.

Den Muttertieren sollte ursprünglich parallel zu jeder zweiten Blutentnahme bei den Feten Blut zur Untersuchung entnommen werden. Die absolut gleichzeitigen Blutentnahmen beim Fetus und beim Muttertier ließen sich aus technischen und personellen Gründen nicht in jedem Fall durchführen. Daraus ergibt sich die schwankende Anzahl der Messungen bei den Muttertieren. Für die graphische Darstellung der Einzelverlaufskurven jedes Parameters wurde, aus Gründen der besseren Übersichtlichkeit die "durchgehende Linie" gewählt, auch wenn zu einigen Meßzeitpunkten keine Werte vorlagen. Dies sollte bei der Betrachtung und Bewertung der Graphiken für die Muttertiere berücksichtigt werden.

Um die Signifikanz der Unterschiede zwischen peripheren und zentralen Werten zu prüfen, wurde der Wilcoxon-Test für Paardifferenzen angewendet. Außerdem wurden anhand des Produkt-Moment-Korrelationskoeffizienten (r) folgende Beziehungen in den verschiedenen Stadien a.p. geprüft:

1. zwischen zentralen und peripheren Blutwerten,
2. zwischen pH-Wert einerseits und den respiratorischen und metabolischen Meßwerten andererseits für Peripherie und Zentrum und
3. zwischen den Muttertierwerten und den zentralen Kälberwerten zu den Meßzeitpunkten 40, 10 und 0 Minuten ante partum.

Die Darstellung der Zusammenhänge erfolgte in allen Fällen anhand des Punkteschwarmes, um dadurch auch die Überprüfung der Linearitätsannahme zu ermöglichen. Zusätzlich wurde die Regressionsgerade oder zumindest der Regressionskoeffizient angegeben. Die Ergebnisse werden in Tabellenform und z.T. graphisch wiedergegeben, auch um evtl. tendenzielle Unter-

schiede zwischen metabolischen und respiratorischen Parametern über den Untersuchungszeitraum zu verdeutlichen.

Sofern sich systematische Verschiebungen bei den Regressionsanalysen zeigten, wurden für die Diskussion die peripheren Werte (y) um das geschätzte Absolutglied korrigiert.

3.2 Untersuchungsergebnisse

3.2.1 Verlauf der zentralen und peripheren Blutwerte der Kälber und der Muttertiere ante partum

3.2.1.1 Aktuelle pH-Werte

Die Mediane und die Extremwerte der zu den verschiedenen Bestimmungszeitpunkten gemessenen aktuellen pH-Werte sind in der Tabelle 10 aufgeführt. Der Verlauf der pH-Werte bei den Kälbern und Muttertieren ist in Abbildung 1 dargestellt. Zu Beginn der Blutprobenentnahmen (maximal 50 Min. a.p.) hatte die Austreibung der Feten in der Mehrzahl noch nicht eingesetzt. Die Tiere standen teilweise noch unter deutlicher Einwirkung der vorangegangenen Manipulationen (Extraduralanästhesie, Op-Stress, Unruhe im Stall). Wie aus Tabelle 10 hervorgeht, liegen die Medianwerte 50 Min. a.p. mit durchschnittlich 7,247 in zentralen und 7,190 im peripheren Blut noch geringfügig niedriger als 40 Min. vor dem Partus (zentral 7,256 und peripher 7,202). Im weiteren Verlauf ist dann eine ständig fallende Tendenz der pH-Werte, insbesondere in der Peripherie zu beobachten. Dabei liegen die Mediane und auch die Minimal- und Maximalwerte in jedem Fall zu den gewählten Bestimmungszeitpunkten im peripheren Blut niedriger als im zentralen Bereich. Die Unterschiede zwischen peripheren und zentralen Blutwerten sind zu allen Meßzeitpunkten statistisch hochsignifikant.

In einem Extremfall tritt peripher ein pH-Wert unter 7,0 bereits 40 Min. vor dem Partus auf. Zentral wird dies nur einmal, und zwar zum Zeitpunkt des Partus beobachtet (peripher viermal). Der Median für den peripheren pH-Wert liegt zum Zeitpunkt der Geburt bei 7,122 (6,883 bis 7,298) und zentral bei 7,223 (6,949 bis 7,335).

Wie Tabelle 10 und Abbildung 1 weiterhin zu entnehmen ist, weisen die Medianwerte der Muttertiere im Vergleich zu den Feten über den gesamten Untersuchungszeitraum nur geringe Schwankungen auf (7,377 bis 7,357). Auch die Variationsbreite der Einzelwerte der Muttertiere ist wesentlich geringer.

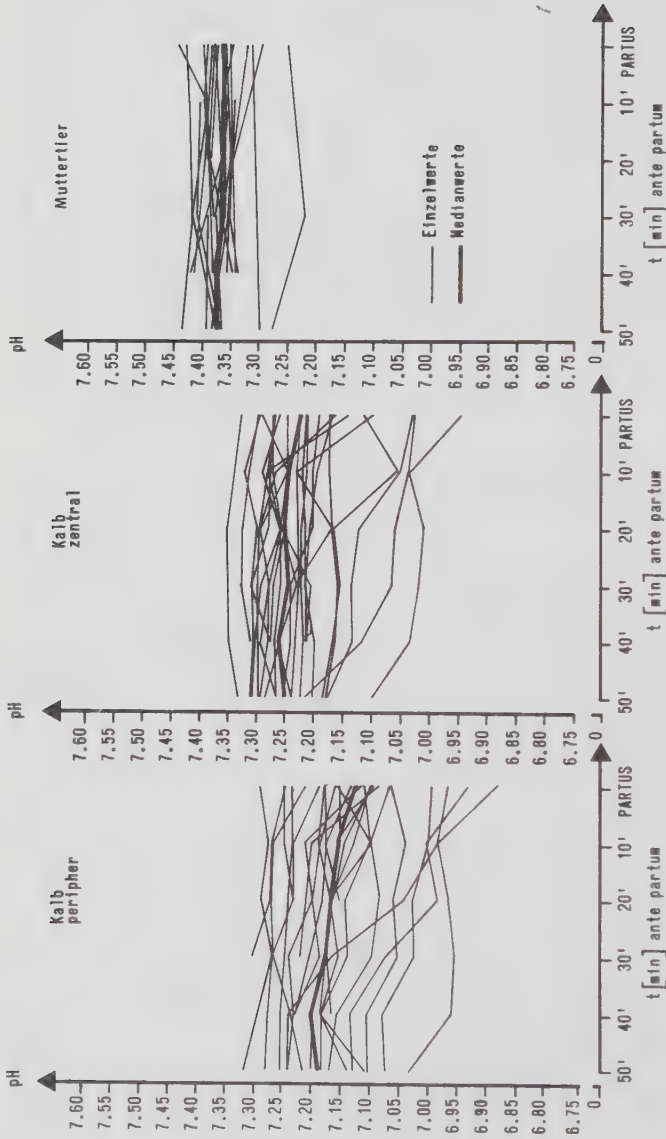


Abbildung 1: Einzel- sowie Medianverlaufskurven des pH-Wertes aller Kälber (peripher und zentral) und aller Muttertiere

Tabelle 10: Mediane der pH-Werte sowie Minimal- und Maximalwerte der pH-Werte im zentralen und peripheren Blut der Kälber sowie im Blut der Muttertiere zu verschiedenen Zeitpunkten ante partum

pH-Wert	Minuten ante partum					
	50	40	30	20	10	0
Kalb (Fetus) Zentral	n					
	Median	18	21	23	24	26
	min.	7,247	7,265	7,245	7,253	7,244
	max.	7,101	7,036	7,020	7,012	7,039
Kalb (Fetus) Peripher	n	18	21	23	24	25
	Median	7,190	7,202	7,181	7,171	7,159
	min.	7,036	6,964	6,957	6,966	6,988
	max.	7,323	7,300	7,309	7,295	7,275
Muttertier	n	9	13	11	7	14
	Median	7,370	7,371	7,357	7,369	7,377
	min.	7,277	7,304	7,223	7,347	7,236
	max.	7,434	7,421	7,374	7,393	7,425
						7,444

3.2.1.2 Kohlendioxidpartialdruck ($p\text{CO}_2$)

Wie Tabelle 11 und Abbildung 2 zeigen, liegt der Median der $p\text{CO}_2$ -Werte 50 Min. a.p. peripher bei 70,2 (55,8 bis 89,0) und zentral bei 60,0 mmHg (53,9 bis 66,7). Der 40-Min.-Wert zeigt peripher einen leichten Abfall. In der Folge steigt der $p\text{CO}_2$ -Wert jedoch ständig an und beträgt zum Zeitpunkt der Geburt 76,1 mmHg (60,9 bis 114,9). Zentral dagegen fällt der $p\text{CO}_2$ geringgradig bis zu 20 Min. a.p. ab, um dann ebenfalls deutlich bis auf 64,2 mmHg (48,5 bis 89,3) zum Zeitpunkt der Geburt anzusteigen. Besonders fallen der sehr unterschiedliche und z.T. stark schwankende Verlauf der zentralen, aber noch stärker der peripheren Einzelkurven auf. Die Unterschiede zwischen peripheren und zentralen Blutwerten sind zu alle Meßzeitpunkten statistisch hochsignifikant.

Der Verlauf der Einzelkurven der Muttertiere ist zwar gleichbleibender, der $p\text{CO}_2$ -Median schwankt aber deutlich und weist den niedrigsten Wert 30 Min. a.p. mit 40,6 mmHg auf.

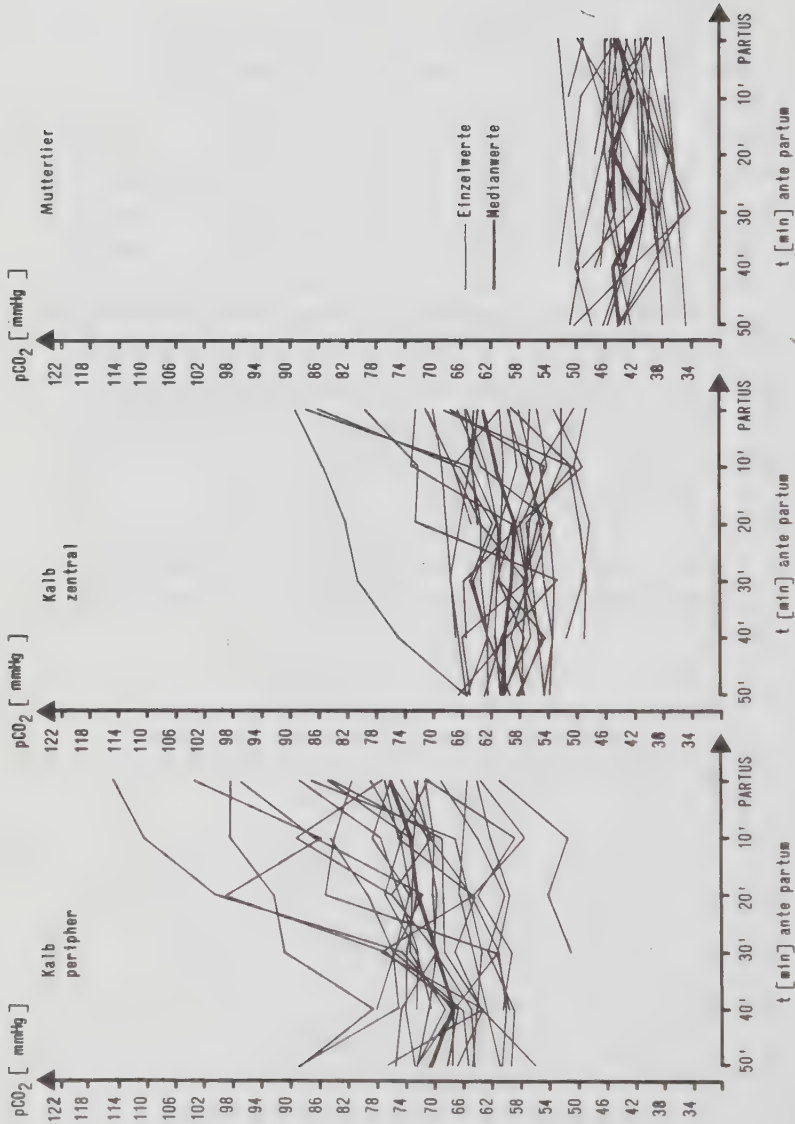


Abbildung 2: Einzel- sowie Medianverlaufskurven des $\underline{p\text{CO}_2}$ (mmHg) aller Kälber (peripher und zentral) und aller Muttertiere

Tabelle 11: Mediane der pCO₂-Werte sowie Minimal- und Maximalwerte des pCO₂ (mmHg) im zentralen und peripheren Blut der Kälber sowie im Blut der Muttertiere zu verschiedenen Zeitpunkten ante partum

pCO ₂ (mmHg)		Minuten ante partum				
		50	40	30	20	10
Kalb (Fetus) Z e n t r a l	n	18	21	23	24	26
	Median	60,0	60,0	59,1	58,8	61,4
	min.	53,9	48,9	48,7	48,2	49,3
	max.	66,7	74,8	80,7	82,1	85,5
Kalb (Fetus) P e r i p h e r	n	18	21	23	24	25
	Median	70,2	67,5	70,0	72,3	73,6
	min.	55,8	59,1	51,2	54,0	51,5
	max.	89,0	78,4	91,0	100,7	110,7
Muttertier	n	9	13	11	7	14
	Median	44,1	45,1	40,6	45,3	42,2
	min.	34,6	36,8	34,4	36,9	37,0
	max.	50,1	52,2	45,8	47,5	50,9

26
64,2
48,5
89,3
25
76,1
60,9
114,9
19
43,9
37,6
52,4

3.2.1.3 Sauerstoffpartialdruck (pO_2)

Auch bei den Medianen der pO_2 -Werte in Tabelle 12 und Abbildung 3 fällt auf, daß 40 Min. a.p. mit zentral 23,1 mmHg (9,6 bis 41,8) und peripher 19,4 mmHg (4,6 bis 35,8) höhere Werte als 10 Minuten vorher bestehen. Danach erfolgt wieder ein Abfall. Bemerkenswert ist auch bei diesem Parameter die große Schwankungsbreite der Werte bei den Kälbern und Muttertieren über den gesamten Untersuchungszeitraum. Der Schwankungsbereich beträgt teilweise über 40 mmHg. Zum Geburtstermin hin fallen die Medianwerte ab, wobei der deutlichste Abfall im peripheren Blut auftritt. Die zentralen pO_2 -Mediane liegen dabei um 1,2 bis 8,7 mmHg höher als die peripheren Medianwerte, wobei die Differenz bis zur Geburt ständig zunimmt. Zentrale und periphere pO_2 -Werte entfernen sich also immer mehr voneinander. Die Unterschiede sind auch hier zu allen Zeitpunkten statistisch hochsignifikant.

Im Moment der Geburt liegen folgende Medianwerte vor:
zentral 19,2 mmHg (6,7 bis 34,5),
peripher 10,5 mmHg (6,7 bis 36,4).

Bei den Muttertieren schwankt der pO_2 -Median zwischen 41,8 und 45,6 mmHg und fällt, 30 Min. a.p. beginnend, zur Geburt hin ab. Die maximale Schwankungsbreite zu einem Meßzeitpunkt besteht 50 Min. a.p. mit 32 mmHg.

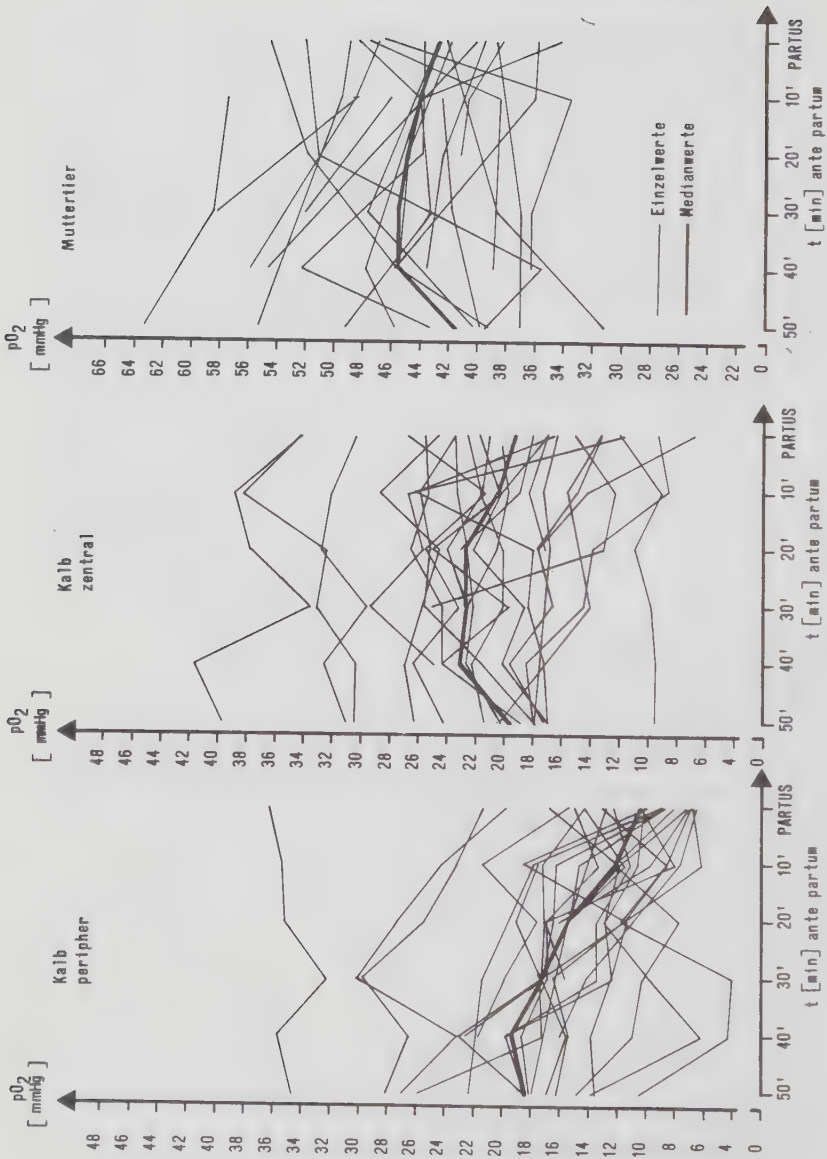


Abbildung 3: Einzel- sowie Medianverlaufskurven des pO_2 (mmHg) aller Kälber (peripher und zentral) und aller Muttertiere

Tabelle 12: Mediane der pO_2 -Werte sowie Minimal- und Maximalwerte des pO_2 (mmHg) im zentralen und peripheren Blut der Kälber sowie im Blut der Muttertiere zu verschiedenen Zeitpunkten ante partum

pO_2 (mmHg)		Minuten ante partum					
		50	40	30	20	10	0
Kalb (Fetus) Z e n t r a l	n	16	18	20	23	24	24
	Median	19,7	23,1	22,7	22,7	20,5	19,2
	min.	9,6	9,6	9,9	11,0	8,7	6,7
	max.	39,8	41,8	33,9	37,9	39,0	34,5
Kalb (Fetus) P e r i p h e r	n	16	18	20	23	23	23
	Median	18,5	19,4	17,3	15,6	12,3	10,5
	min.	10,8	4,6	4,3	7,9	6,5	6,7
	max.	34,9	35,8	32,3	35,3	35,5	36,4
Muttertier	n	8	12	10	7	13	18
	Median	41,8	45,6	45,6	45,0	44,1	42,9
	min.	31,3	35,6	36,3	41,2	33,6	34,4
	max.	63,3	55,9	58,5	52,0	57,6	54,6

3.2.1.4 Sauerstoffsättigung (SAT)

Auch hier sind, wie aus Tabelle 13 und Abbildung 4 zu entnehmen ist, entsprechend den pO_2 -Werten die große Gesamt- und Individualvariation zu beachten, die hier zentral am größten ist. Ebenso wie beim pO_2 ist weiterhin zu beobachten, daß es Kälber gibt, die immer deutlich oberhalb der Mediankurven verlaufen (zentral wie peripher). Die Medianwerte der zentralen Sauerstoffsättigung liegen immer deutlich über denen der Peripherie. Zentral wie peripher sind die höchsten Medianwerte bei 40 Min. a.p. zu registrieren (zentral 24,4 und peripher 12,2%). Bis hin zur Geburt besteht dann eine abfallende Tendenz, wobei zum Partus sehr niedrige Werte erreicht werden (zentral 12,2 und peripher 1,7%). Auch für die Sauerstoffsättigung sind die Unterschiede zwischen peripheren und zentralen Blutwerten hochsignifikant.

Die Medianwerte der Muttertiere bewegen sich zwischen 72,0% bei 50 Min. a.p. und 74,3% bei 20 Min. a.p. Der niedrigste Wert besteht mit 67,9% ebenfalls zur Zeit der Geburt.

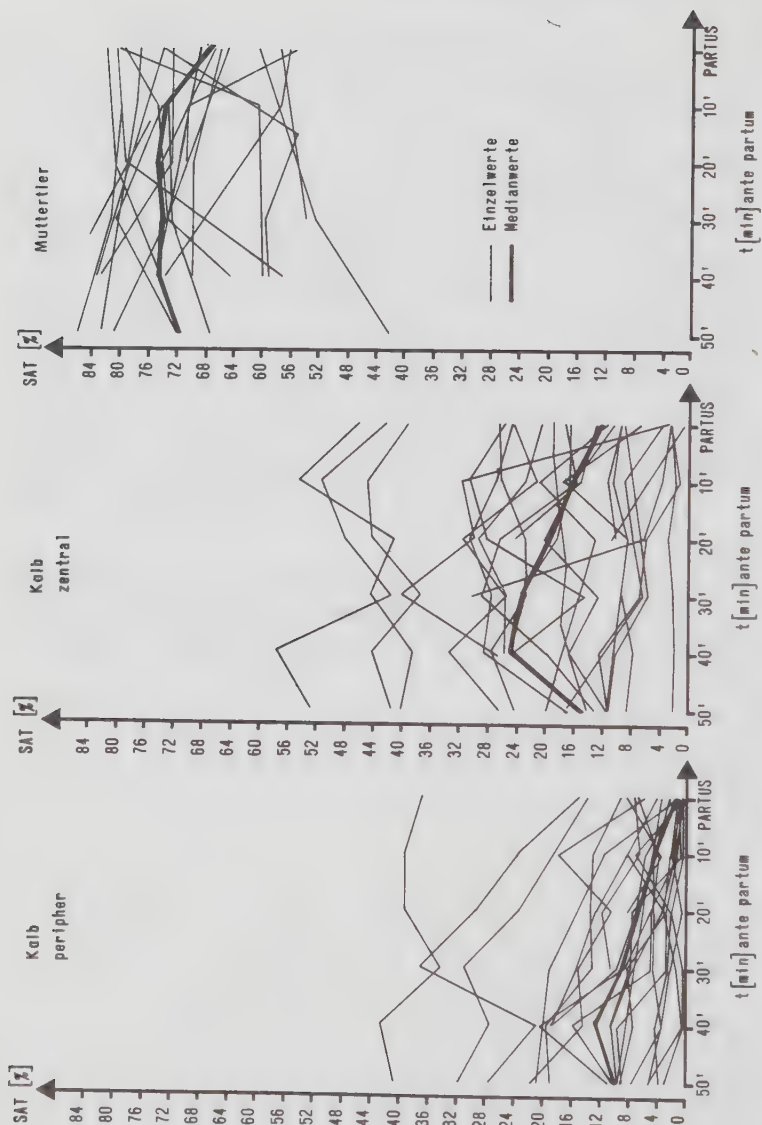


Abbildung 4: Einzel- sowie Medianverlaufskurven der SAT (%) aller Kälber (peripher und zentral) und aller Muttertiere

Tabelle 13: Mediane der SAT-Werte sowie Minimal- und Maximalwerte der SAT (%) im zentralen und peripheren Blut der Kälber sowie im Blut der Muttertiere zu verschiedenen Zeitpunkten ante partum

SAT (%)		Minuten ante partum						
		50	40	30	20	10	0	
Kalb (Fetus) Z e n t r a l	n	16	18	20	23	24	24	
	Median	15,3	24,4	23,1	19,8	16,9	12,2	
	min.	2,1	2,0	2,1	2,9	1,5	0,6	
	max.	46,0	54,1	48,0	44,1	57,7	52,7	
Kalb (Fetus) P e r i p h e r	n	16	18	20	23	23	23	
	Median	9,7	12,2	8,5	6,8	3,9	1,7	
	min.	2,5	0,2	0,1	0,6	0,3	0,3	
	max.	40,6	43,5	36,7	39,4	39,4	36,7	
Muttertier	n	8	12	10	7	13	18	
	Median	72,0	79,9	73,5	74,3	73,5	67,9	
	min.	42,3	59,2	52,7	69,8	54,8	55,5	
	max.	86,0	83,4	84,1	80,8	80,1	82,1	

3.2.1.5 Aktuelle Bicarbonatkonzentration (HCO_3^-)

Die Medianwerte des zentral und peripher gemessenen aktuellen Bicarbonats weisen nach Tabelle 14 und Abbildung 5 geringe Schwankungen auf, ohne daß eine Tendenz im Verlauf erkennbar wird. Auch hier bestehen große Unterschiede zwischen Minimal- und Maximalwerten und die Einzelverlaufskurven schwanken erheblich, wenn auch größere Schwankungen der Einzelverlaufskurven um den Median fehlen. Die größte Differenz zwischen zentralem und peripherem Medianwert besteht 50 Min. a.p., wobei der Wert zentral 25,3 und peripher 24,7 mmol/l betrug. Der Medianwert zur Zeit der Geburt weist zentral 23,8 mmol/l (niedrigster zentraler Medianwert) und peripher 24,5 mmol/l aus. Für die Unterschiede der aktuellen Bicarbonatkonzentration zwischen Peripherie und Zentrum besteht zu keinem Zeitpunkt Signifikanz.

Auch die Werte der Muttertiere liegen in etwa auf dem gleichen Niveau wie die fetalen Werte, wobei mehr oder weniger deutliche Schwankungen ersichtlich sind. Die Differenz zwischen Minimal- und Maximalwerten ist geringer. Der Partus-Wert liegt mit 24,1 mmol/l zwischen den Werten, die peripher und zentral bestimmt worden sind. Der deutlich niedrigste Medianwert (20,5 mmol/l) ist 30 Min. a.p. zu verzeichnen.

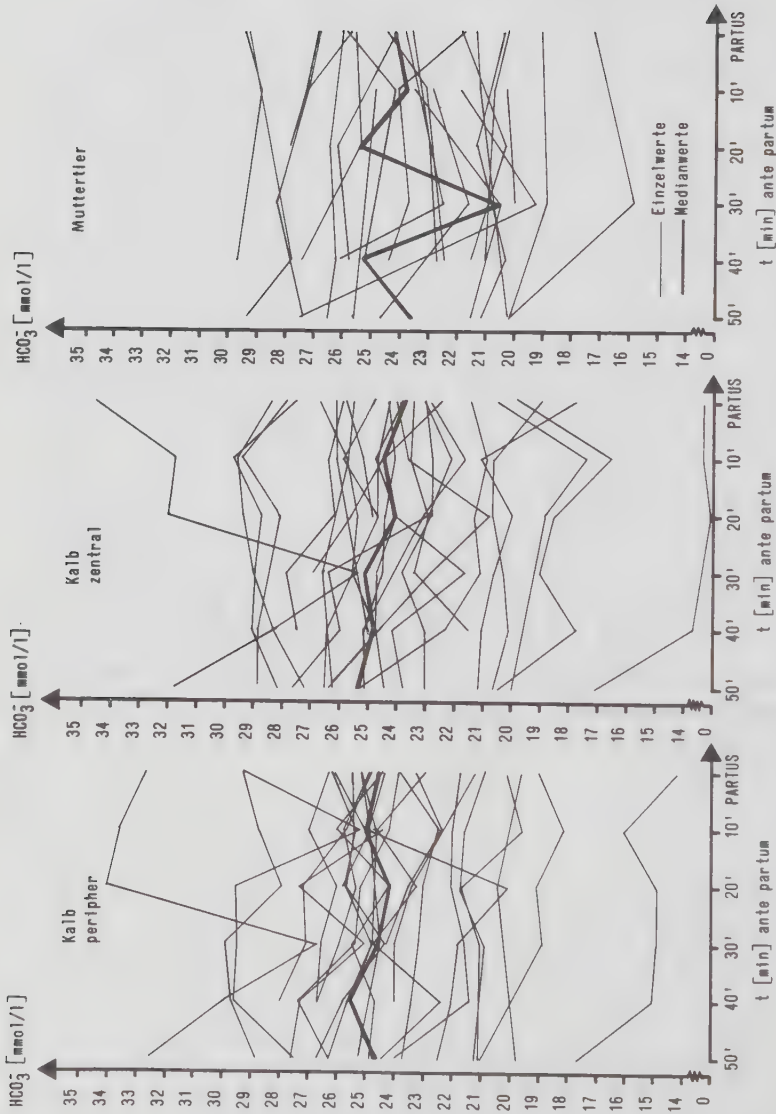


Abbildung 5: Einzel- sowie Medianverlaufskurven des HCO_3^- (mmol/l) aller Kälber (peripher und zentral) und aller Muttertiere

Tabelle 14: Mediane der HCO_3^- -Werte sowie Minimal- und Maximalwerte des HCO_3^- (mmol/l) im zentralen und peripheren Blut der Kälber sowie im Blut der Muttertiere zu verschiedenen Zeitpunkten ante partum

HCO_3^- (mmol/l)		Minuten ante partum					
		50	40	30	20	10	0
Zentral	Kalb						
	(Fetus)						
	n	18	21	23	24	26	26
	Median	25,3	24,8	25,1	24,1	24,5	23,8
	min.	17,1	13,7	13,4	12,9	13,3	13,3
	max.	31,8	29,0	29,0	32,0	31,8	34,6
Peripher	Kalb						
	(Fetus)						
	n	18	21	23	24	25	25
	Median	24,7	25,5	24,6	24,2	24,9	24,5
	min.	17,7	15,1	14,9	14,9	16,0	14,2
	max.	32,5	29,9	29,9	34,0	33,6	32,7
Muttertier							
	n	9	13	11	7	14	19
	Median	23,6	25,2	20,5	25,4	23,8	24,1
	min.	20,1	20,3	15,8	19,0	20,2	17,2
	max.	27,5	29,7	28,3	27,8	28,9	29,4

3.2.1.6 Standardbicarbonatkonzentration (SBC)

Wie nach den Ergebnissen des aktuellen Bicarbonats zu erwarten und aus Tabelle 15 und Abbildung 6 ersichtlich, treten auch beim Standardbicarbonat keine besonders auffälligen Schwankungen in den peripheren und zentralen Medianwerten auf. Die Schwankungsbreite ist sogar geringer. Die zentralen Medianwerte (21,6 bis 20,2 mmol/l liegen im Gegensatz zum aktuellen Bicarbonat immer über den in der Peripherie gefundenen Werten (20,3 bis 18,6 mmol/l), wobei die jeweils niedrigsten Werte zum Partus erreicht werden. Entsprechend den Ergebnissen des aktuellen Bicarbonats ist auch hier die Individual- und vor allem die Gesamtschwankung der Einzelkurven beträchtlich. Die Unterschiede zwischen peripheren und zentralen Standardbicarbonatkonzentrationen sind hochsignifikant.

Die Medianwerte der Muttertiere weisen ebenfalls nur geringe Schwankungen auf. Der niedrigste Wert liegt mit 21,4 mmol/l bei 30 Min. und der höchste mit 24,3 mmol/l bei 20 Min. ante partum.

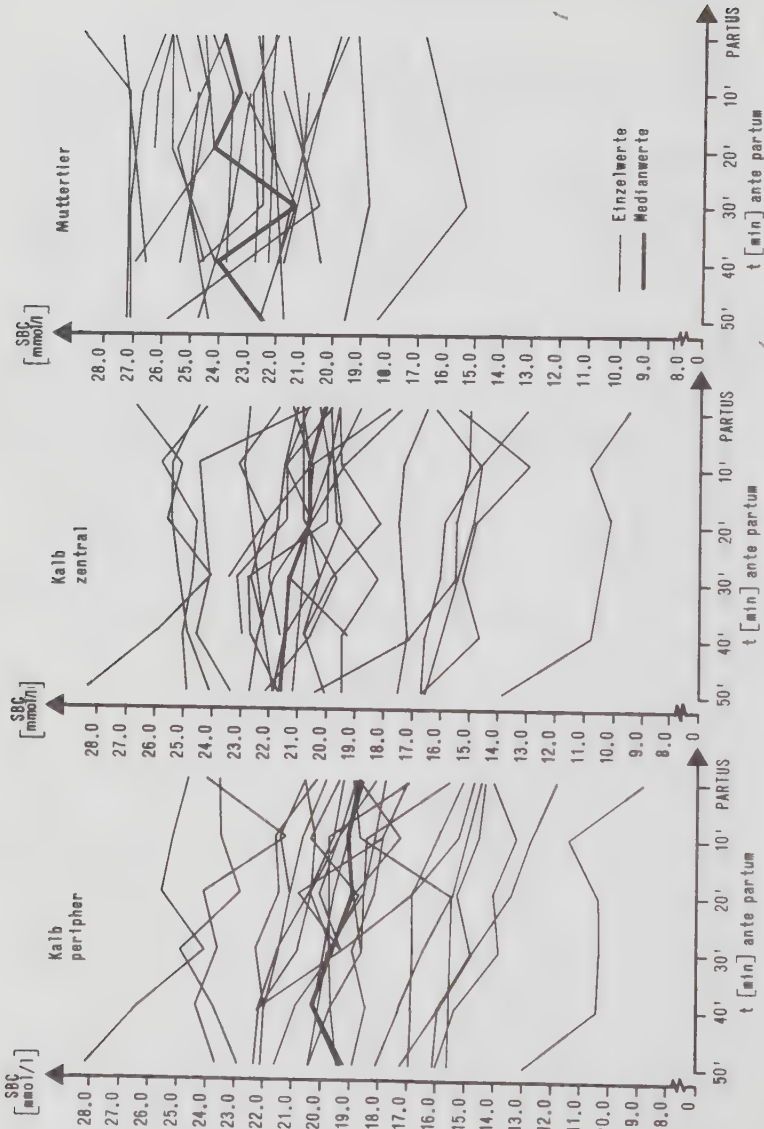


Abbildung 6: Einzel- sowie Medianverlaufskurven des SBC (mmol/l) aller Kälber (peripher und zentral) und aller Muttertiere

Tabelle 15: Mediane der SBC-Werte sowie Minimal- und Maximalwerte des SBC (mmol/l) im zentralen und peripheren Blut der Kälber sowie im Blut der Muttertiere zu verschiedenen Zeitpunkten ante partum

SBC (mmol/l)		Minuten ante partum					
		50	40	30	20	10	0
Kalb (Fetus) Z e n t r a l	n	18	21	23	24	26	26
	Median	21,6	21,5	21,4	20,6	20,7	20,2
	min.	13,9	10,9	10,6	10,2	10,9	9,6
	max.	28,4	26,0	25,2	25,6	25,9	26,8
Kalb (Fetus) P e r i p h e r	n	18	21	23	24	25	25
	Median	19,4	20,3	19,6	18,9	19,1	18,6
	min.	13,0	10,5	10,4	10,5	11,5	8,9
	max.	28,2	26,4	24,9	25,6	25,2	24,7
Muttertier	n	9	13	11	7	14	19
	Median	22,6	24,2	21,4	24,3	23,4	23,9
	min.	18,5	20,5	15,4	21,2	20,2	16,8
	max.	27,2	27,3	27,2	26,3	27,2	28,8

3.2.1.7 Aktueller Basenüberschuß (BE)

Die Differenz zwischen den Medianen der zentralen und peripheren BE-Werte sind, wie aus Tabelle 16 und Abbildung 7 ersichtlich, nahezu immer gleich. Die niedrigsten Medianwerte sind zum Zeitpunkt der Geburt erreicht (zentral -3,0 und peripher -4,4 mmol/l). Dabei ist der periphere Basenüberschuß immer geringer (von 0,6 bis 2,5 mmol/l). Besonders deutlich wird dies beim 50 Minuten-Medianwert, bei dem sich zentral -1,6 und peripher von -3,3 mmol/l ergibt. Zentral wie peripher sind erhebliche Abstände zwischen Minimal- und Maximalwerten zu beobachten und die Einzelkurven schwanken deutlich. Die Unterschiede zwischen peripheren und zentralen BE-Werten sind zu allen Meßzeitpunkten statistisch hochsignifikant.

Die Medianwerte der Muttertiere zeigen einen Anstieg von 50 auf 40 Min. a.p. (von -1,0 auf +1,0 mmol/l). Bei 30 Min. a.p. ist mit -3,1 mmol/l der tiefste Medianwert zu verzeichnen. Ab 20 Min. a.p. fällt er geringgradig und kontinuierlich von 0,6 auf ± 0,0 mmol/l ab.

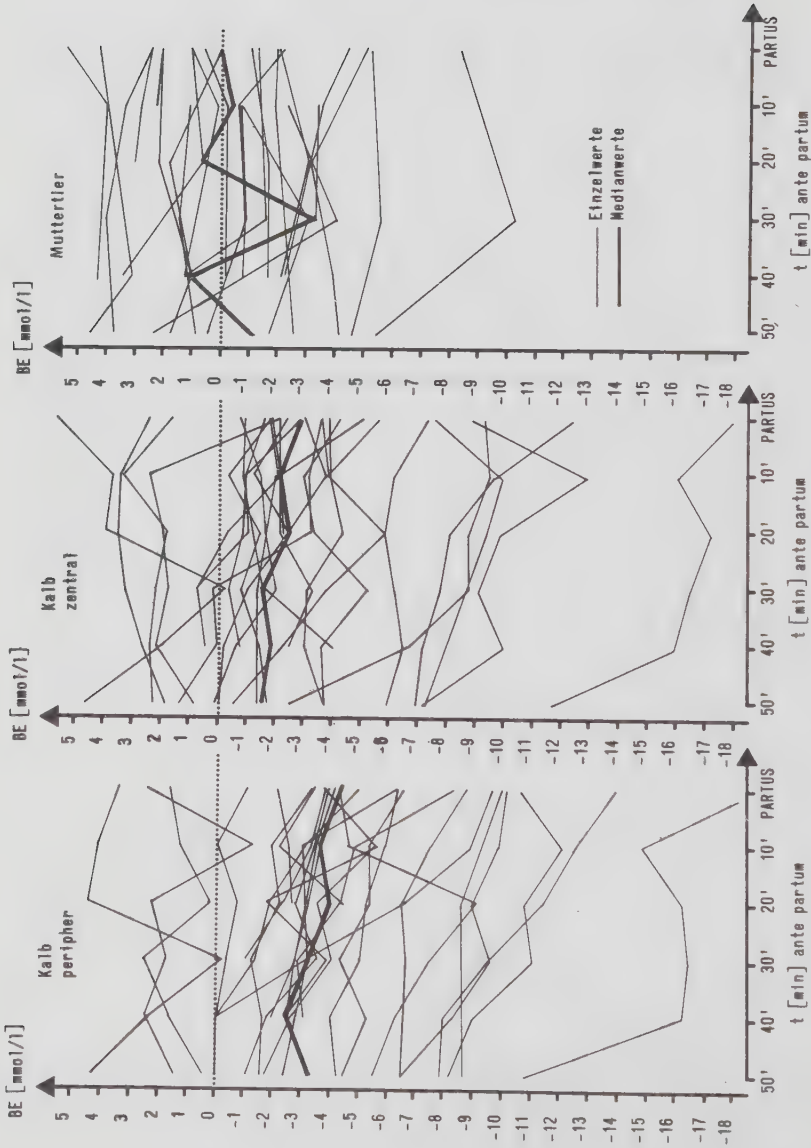


Abbildung 7: Einzel- sowie Medianverlaufskurven des BE (mmol/l) aller Kälber (peripher und zentral) und aller Muttertiere

Tabelle 16: Mediane der BE-Werte sowie Minimal- und Maximalwerte des BE (mmol/l) im zentralen und peripheren Blut der Kälber sowie im Blut der Muttertiere zu verschiedenen Zeitpunkten ante partum

BE (mmol/l)		Minuten ante partum					
		50	40	30	20	10	0
Kalb (Fetus) Z e n t r a l	n	18	21	23	24	26	26
	Median	-1,6	-1,9	-1,6	-2,5	-2,2	-3,0
	min.	-11,6	-16,0	-16,5	-17,2	-16,1	-18,0
	max.	+4,5	+2,6	+3,2	+3,9	+3,7	+5,6
Kalb (Fetus) P e r i p h e r	n	18	21	23	24	25	25
	Median	-3,3	-2,5	-3,3	-4,0	-3,7	-4,4
	min.	-10,9	-16,3	-16,5	-16,3	-14,9	-18,9
	max.	+4,3	+2,4	+2,4	+4,4	+4,1	+3,4
Muttertier	n	9	13	11	7	14	19
	Median	-1,0	+1,0	-3,1	+0,6	-0,4	+0,0
	min.	-2,6	-4,0	-10,3	-3,2	-3,6	-8,4
	max.	+3,7	+4,3	+4,0	+3,0	+4,0	+5,4

3.2.1.8 Standard-Basenüberschuß (SBE)

Wie beim aktuellen Basenüberschuß werden nach den Ergebnissen in Tabelle 17 und Abbildung 8 die niedrigsten SBE-Medianwerte im Moment der Geburt erreicht, und zwar zentral mit $-2,6$ und peripher mit $-3,0$ mmol/l. Im Gegensatz zum aktuellen Basenüberschuß verlaufen die zentralen und peripheren Medianwerte jedoch nicht mit gleichbleibender Differenz. Bei 40 Min. a.p. wird peripher ein geringfügig höherer Wert ($-1,0$ mmol/l) erreicht als zentral ($-1,3$ mmol/l). Von dieser Zeit an fällt der periphere Medianwert bis zur Geburt kontinuierlich auf $-3,0$ mmol/l ab, während er zentral bis 10 Min. a.p. relativ konstant gehalten wird. In den letzten 10 Min. fällt er dann jedoch auf $-2,6$ mmol/l ab. Auch die Individualkurven für den SBE zeigen im Gegensatz zum Median der Kälber starke Schwankungen. Die Unterschiede zwischen zentralen und peripheren SBE-Werten zu den verschiedenen Meßzeiten waren gering bis mittelgradig signifikant.

Bei den Muttertieren liegt der niedrigste Medianwert mit $-3,4$ mmol/l bei 30 Min. a.p. und der höchste mit $1,0$ mmol/l bei 40 Min. a.p. Alle anderen Medianwerte bewegen sich um den Nullwert, d.h. sie liegen zwischen $0,7$ und $-1,0$ mmol/l.

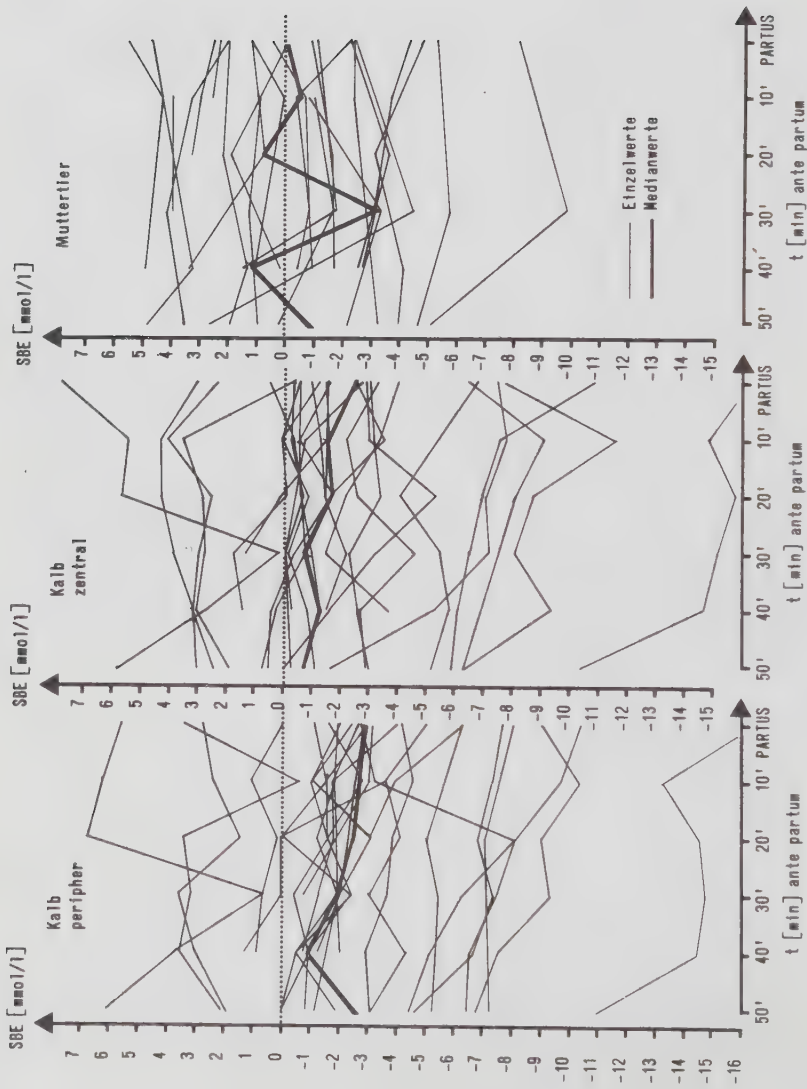


Abbildung 8: Einzel- sowie Medianverlaufskurven des SBE (mmol/l) aller Kälber (peripher und zentral) und aller Muttertiere

Tabelle 17: Mediane der SBE-Werte sowie Minimal- und Maximalwerte des SBE (mmol/l) im zentralen und peripheren Blut der Kälber sowie im Blut der Muttertiere zu verschiedenen Zeitpunkten ante partum

SBE (mmol/l)		Minuten ante partum				
		50	40	30	20	10
Kalb (Fetus) Z e n t r a l	n	18	21	23	24	26
	Median	-0,7	-1,3	-0,8	-1,7	-1,6
	min.	-10,4	-14,6	-15,1	-15,7	-14,9
	max.	+5,8	+3,1	+3,8	+5,6	+5,4
Kalb (Fetus) P e r i p h e r	n	18	21	23	24	25
	Median	-2,6	-1,0	-2,0	-2,6	-2,8
	min.	-10,9	-14,4	-14,7	-14,5	-13,2
	max.	+6,0	+3,7	+3,6	+6,7	+6,3
Muttertier	n	9	13	11	7	14
	Median	-1,0	+1,0	-3,4	0,7	-0,6
	min.	-5,2	-4,2	-9,9	-3,7	-3,9
	max.	+3,5	+4,8	+4,1	+3,2	+4,2

+5,4

3.2.1.9 Gesamt-Kohlendioxydkonzentration (TCO_2)

Die Medianwerte des peripheren TCO_2 liegen außer bei 50 Min. a.p. immer über den zentralen Werten. Beide Mediankurven unterscheiden sich, wie man Tabelle 18 und Abbildung 9 entnehmen kann, nur unwesentlich. Zentral ist der geringste Medianwert (25,7 mmol/l) bei 20 und 0 Min. a.p. erreicht. Peripher liegt der niedrigste Medianwert bei 20 Min. und der höchste bei 40 Min. a.p. mit 25,9 bzw. 27,2 mmol/l. Über den gesamten Untersuchungszeitraum liegt die maximale Medianschwankung zentral nur bei 1,5 und peripher bei 1,3 mmol/l, während die Schwankung der Einzelkurven zwischen einzelnen Meßzeitpunkten z.T. mehr als 8 mmol/l beträgt. Für den TCO_2 konnten zu keinem Zeitpunkt signifikante Unterschiede zwischen peripheren und zentralen Blutwerten festgestellt werden.

Die Medianwerte der Muttertiere (21,5 bis 26,6 mmol/l) zeigen einen schwankenden Verlauf. Der niedrigste Medianwert liegt bei 30 Min., der höchste bei 20 Min. a.p. (siehe Tab.19 und Abb.9).

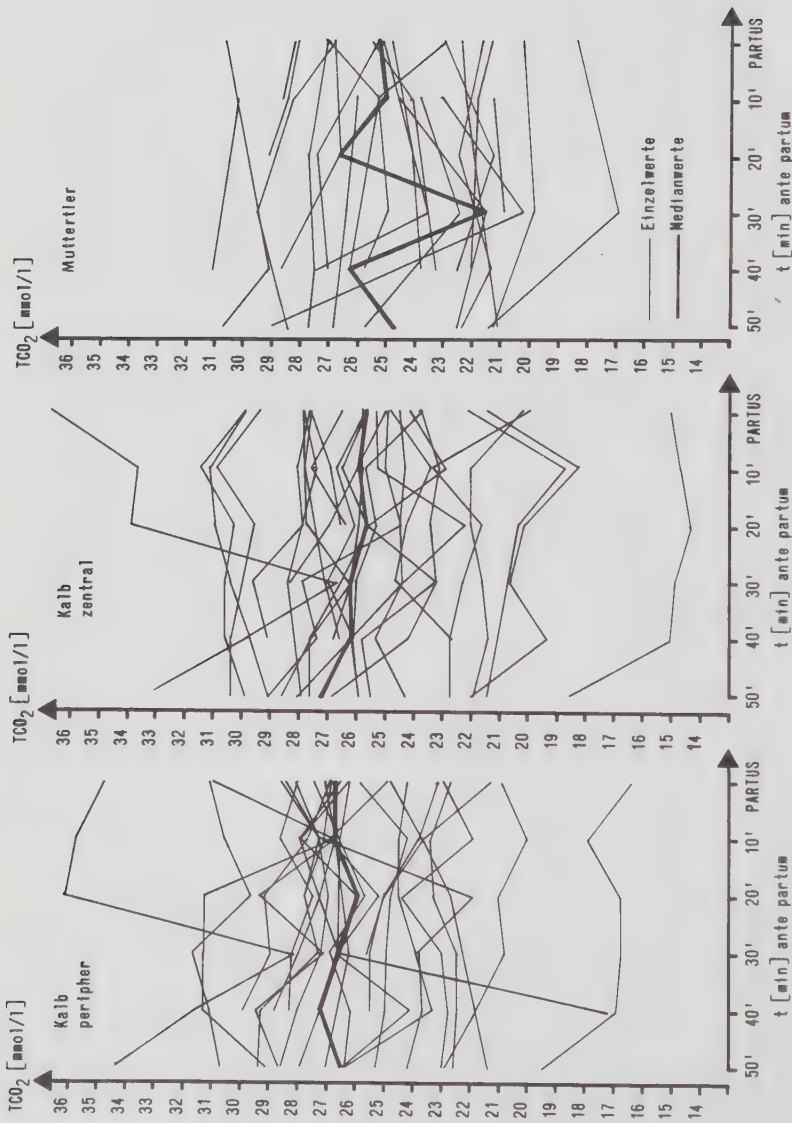


Abbildung 9: Einzel- sowie Medianverlaufskurven des CO_2 (mmol/l) aller Kälber (peripher und zentral) und aller Muttertiere

Tabelle 18: Mediane der TCO₂-Werte sowie Minimal- und Maximalwerte des TCO₂ (mmol/l) im zentralen und peripheren Blut der Kälber sowie im Blut der Muttertiere zu verschiedenen Zeitpunkten ante partum

TCO ₂ (mmol/l)		Minuten ante partum					
		50	40	30	20	10	0
Kalb (Fetus) Z e n t r a l	n	18	21	23	24	26	26
	Median	27,2	26,2	26,2	25,7	25,9	25,7
	min.	18,6	15,1	14,9	14,3	14,7	15,0
	max.	33,5	30,6	30,6	33,9	33,7	36,7
Kalb (Fetus) P e r i p h e r	n	18	21	23	24	25	25
	Median	26,5	27,2	26,6	25,9	26,7	26,7
	min.	19,6	17,9	16,8	16,8	17,9	16,4
	max.	34,4	31,6	31,7	36,2	35,8	34,8
Muttertier	n	9	13	11	7	14	19
	Median	24,8	26,3	21,5	26,6	25,0	25,2
	min.	21,1	21,3	16,9	21,3	21,2	18,3
	max.	28,8	31,3	29,5	29,1	30,2	30,6

3.2.2 Beziehungen zwischen peripheren und zentralen Blutwerten der Kälber

Wie aus Tabelle 19 zu entnehmen ist, bestehen für den pH-Wert sowie für alle metabolischen Parameter (HCO_3^- , SBC, BE, SBE) und das Gesamt- CO_2 hochsignifikante Beziehungen mit hohen Korrelationskoeffizienten zwischen peripheren und zentralen Blutwerten zu allen Meßzeitpunkten.

In der Tendenz sind aber die Beziehungen zu Beginn der Messungen (50 Min. a.p.) am engsten und werden zum Geburtszeitpunkt hin geringer. Dies geht sowohl aus den Korrelations- als auch aus den Regressionskoeffizienten hervor. Die niedrigsten Beziehungen bestehen dabei 10 Min. a.p. mit Ausnahme des CO_2 -Partialdruckes, für den andererseits auch die insgesamt niedrigsten Korrelationen ermittelt wurden. Weniger straffe Beziehungen bestehen aufgrund der berechneten Regressionskoeffizienten auch zwischen peripherer und zentraler Sauerstoffsättigung (SAT), wie auch aus der graphischen Darstellung in Abbildung 11 (siehe S.70/71) hervor geht.

Beim Parameter SAT fällt auf, daß die Regressionskoeffizienten bis zur Geburt hin ständig abnehmen. Zum Zeitpunkt 50 Min. a.p. ändert sich die periphere O_2 -Sättigung im Mittel um 0,754%, wenn sich die zentrale O_2 -Sättigung um 1% ändert, während 0 Min. a.p. eine Änderung der zentralen O_2 -Sättigung um 1% lediglich eine periphere Änderung um 0,413% bewirkt. Bei den übrigen Parametern zeigen die Ergebnisse der Regressionsanalysen, daß die peripheren Werte im Meßbereich durchschnittlich immer niedriger liegen als die zentralen. Die Abbildungen auf Seite 68/69 und 70/71 lassen erkennen, daß sogar die Mehrzahl der peripheren Werte unter dem zentralen liegen. Ausnahmen bestehen für den CO_2 -Partialdruck und den pH-Wert in der Peripherie, die 50 Min. a.p. 60% ($b = 1.600$) bzw. 8% ($b = 1.084$) höher liegen als die entsprechenden zentralen Werte.

Tabelle 19: Regressions- (b) und Korrelationskoeffizienten (r) für die Beziehung jeweils zwischen peripher (y) und zentral (x) gemessenen Blutwerten zu verschiedenen Zeitpunkten ante partum

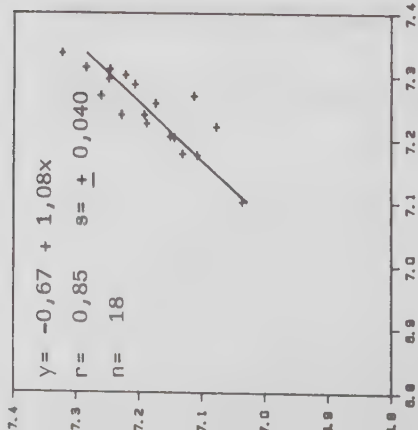
		Zeitpunkt der Messung in Min. ante partum					
		50	40	30	20	10	0
Anzahl der Untersuchungen	n	18	21	23	24	25	25
pH-Wert	r	0,853***	0,952***	0,906**	0,854**	0,797***	0,862***
	b	1,084	0,964	0,974	0,943	0,838	0,929
HCO ₃ ⁻	r	0,952***	0,934***	0,869***	0,957***	0,869***	0,930***
	b	0,921	0,912	0,781	0,904	0,738	0,863
SBC	r	0,939***	0,945***	0,934***	0,956***	0,891***	0,954***
	b	0,942	0,918	0,897	0,904	0,783	0,952
BE	r	0,924***	0,948***	0,943***	0,961***	0,893***	0,955***
	b	0,885	0,932	0,911	0,928	0,804	0,990
SBE	r	0,946***	0,947***	0,937***	0,969***	0,900***	0,957***
	b	0,945	0,931	0,893	0,931	0,782	0,940
TCO ₂	r	0,953***	0,929***	0,896***	0,943***	0,852***	0,913***
	b	0,908	0,910	0,800	0,880	0,722	0,837
pCO ₂	r	0,732***	0,717***	0,634**	0,469*	0,557**	0,493*
	b	1,600	0,720	0,749	0,779	0,863	0,629
Anzahl der Untersuchungen	n	16	18	20	23	23	23
pO ₂	r	0,899***	0,761***	0,657**	0,689***	0,781***	0,632**
	b	0,787	0,812	0,731	0,640	0,665	0,567
SAT	r	0,936***	0,789***	0,655**	0,714***	0,783***	0,682***
	b	0,754	0,630	0,552	0,519	0,504	0,413

* p < 0,05

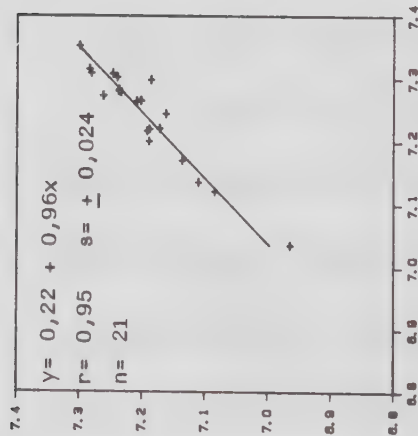
** p < 0,01

*** p < 0,001

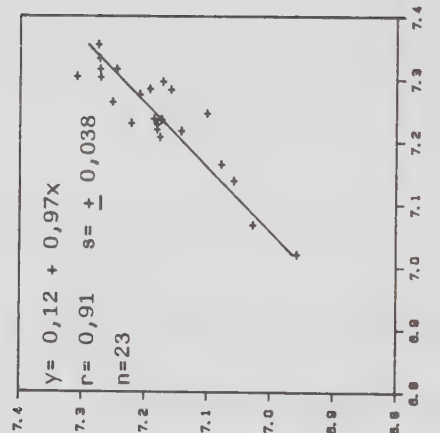
50 Minuten a.p.
pH-Wert peripher



40 Minuten a.p.



30 Minuten a.p.



20 Minuten a.p.
pH-Wert peripher

10 Minuten a.p.

0 Minuten a.p.

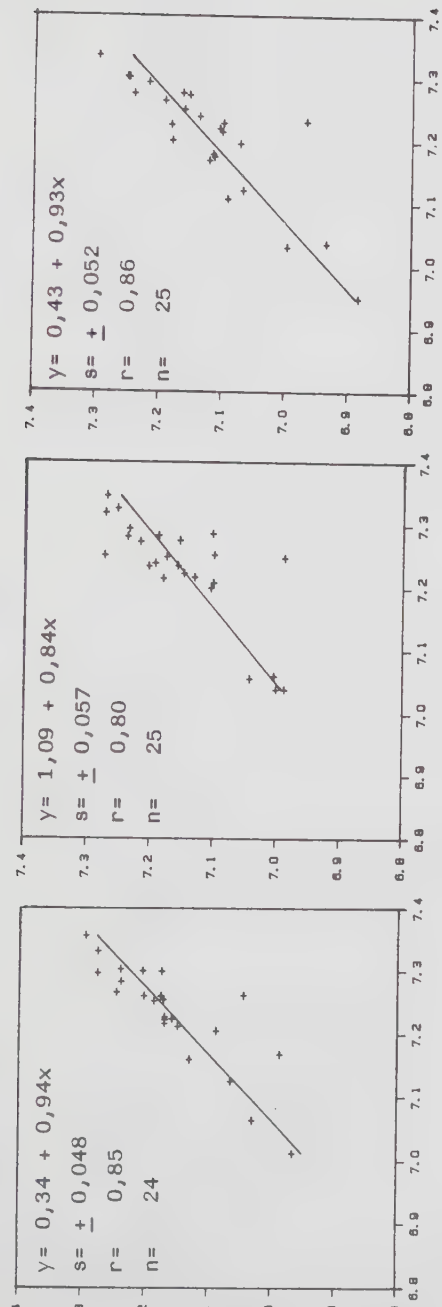
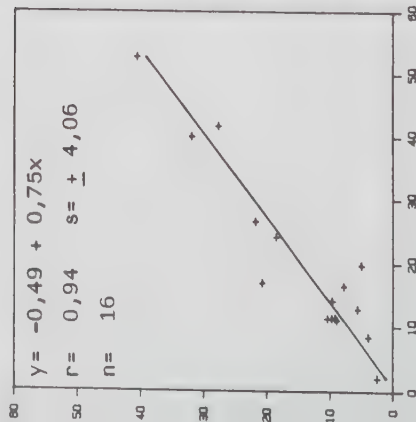
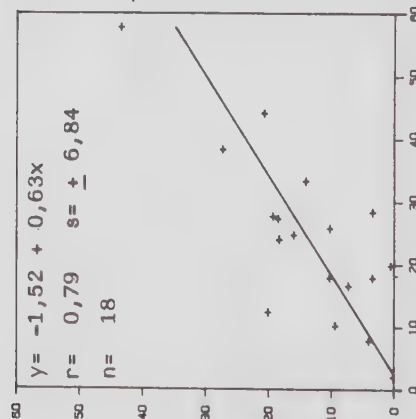


Abbildung 10: Beziehung zwischen peripheren (y) und zentralen (x) pH-Werten der Kälber zu verschiedenen Zeitpunkten ante partum

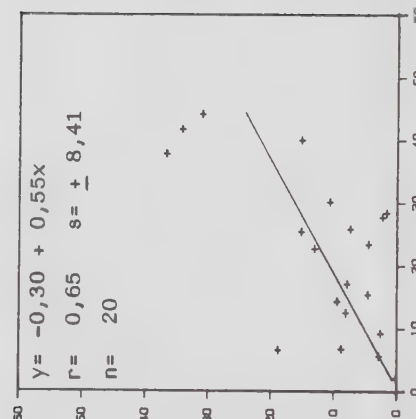
50 Minuten a.p.
SAT (%) peripher



40 Minuten a.p.

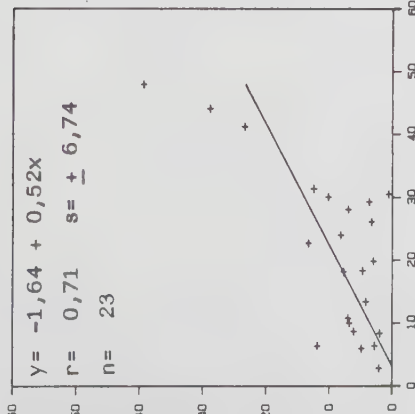


30 Minuten a.p.

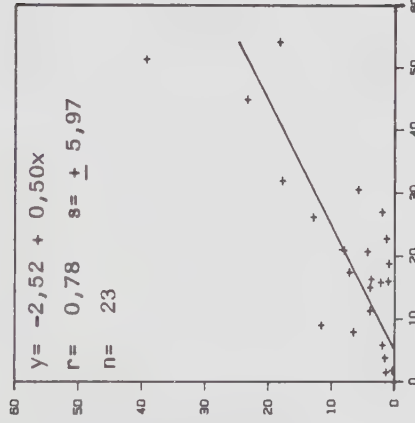


SAT (%)
zentral

20 Minuten a.p.
SAT (%) peripher



10 Minuten a.p.



0 Minuten a.p.

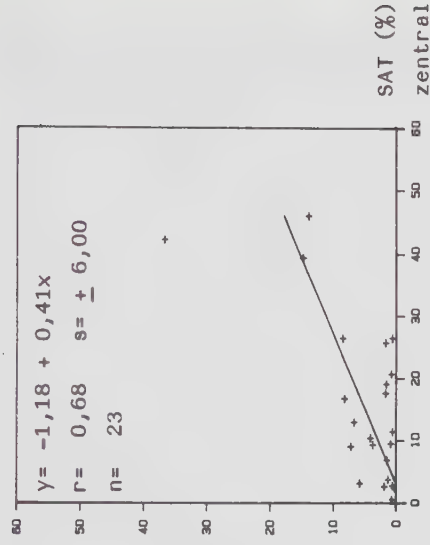


Abbildung 11: Beziehung zwischen peripheren (y) und zentralen (x) SAT-Werten der Kälber zu verschiedenen Zeitpunkten ante partum

3.2.3 Beziehung zwischen den zentralen Blutwerten der Kälber und den Blutwerten der Muttertiere

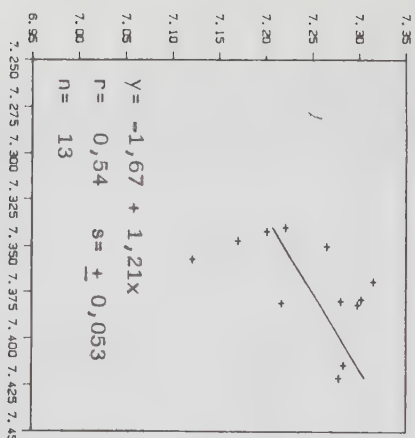
Wie der Tabelle 20 und den Abbildungen 12 und 13 beispielhaft zu entnehmen ist, sind die Beziehungen zu den drei Meßzeitpunkten 40, 10 und 0 Min. a.p. zwischen zentralen Kälberwerten und Muttertierwerten sehr unterschiedlich, wobei auch die geringe Zahl der zur Verfügung stehenden Wertepaare zu berücksichtigen ist. Die höchsten Korrelationen ergaben sich auch hier für den pH-Wert und die metabolischen Parameter zum Zeitpunkt der Geburt. Zehn Minuten a.p. besteht für keinen der Parameter eine Beziehung zwischen Kalb und Muttertier. Mittlere Beziehungen ergeben sich 40 Min. ante partum. Auch aufgrund der geringen Anzahl von Vergleichswerten dürften die Beziehungen für die SAT und den pO_2 zu allen Meßzeitpunkten nicht signifikant sein. Die höhere Anzahl der Wertepaare dürfte andererseits ein Grund dafür sein, daß die Beziehungen in der Geburt am engsten und signifikantesten sind.

Tabelle 20: Regressions- (b) und Korrelationskoeffizienten (r) für die Beziehung zwischen den Blutwerten der Mutter-tiere (x) und den gemessenen zentralen Blutparametern der Kälber (y) zu verschiedenen Zeitpunkten ante partum

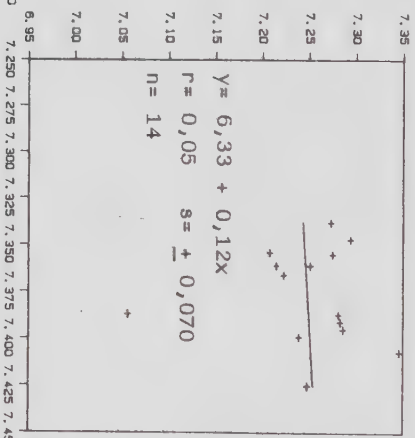
		Zeitpunkt der Messung in Min. a.p.		
		40 (n=13)	10 (n=14)	0 (n=19)
pH-Wert	r	0,54	0,05	0,60**
	b	1,21	0,12	1,26
HCO_3^-	r	0,78**	0,42	0,87***
	b	0,68	0,55	0,96
SBC	r	0,74**	0,37	0,80**
	b	0,88	0,55	0,99
BE	r	0,70*	0,37	0,82***
	b	0,84	0,62	1,09
SBE	r	0,71**	0,39	0,84***
	b	0,76	0,63	1,06
TCO_2	r	0,79**	0,44	0,88***
	b	0,66	0,60	0,96
pCO_2	r	0,62*	0,34	0,37
	b	0,77	0,59	1,08
		40 (n=12)	10 (n=13)	0 (n=18)
SAT	r	0,34	-0,16	0,32
	b	0,46	0,29	0,49
pO_2	r	0,27	-0,01	0,33
	b	0,24	0,01	0,45

* $p < 0,05$
 ** $p < 0,01$
 *** $p < 0,001$

40 Minuten a.p.
pH-Wert Kalb



10 Minuten a.p.



0 Minuten a.p.

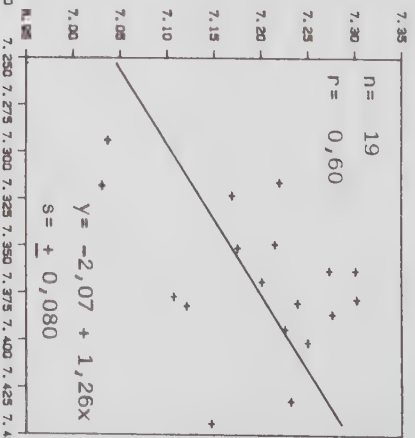


Abbildung 12: Beziehung zwischen zentralen pH-Werten der Kälber (y) und der Muttertiere (x) zu verschiedenen Zeitpunkten ante partum

40 Minuten a.p.
 HCO_3^- (mmol/l) Kalb

10 Minuten a.p.

0 Minuten a.p.

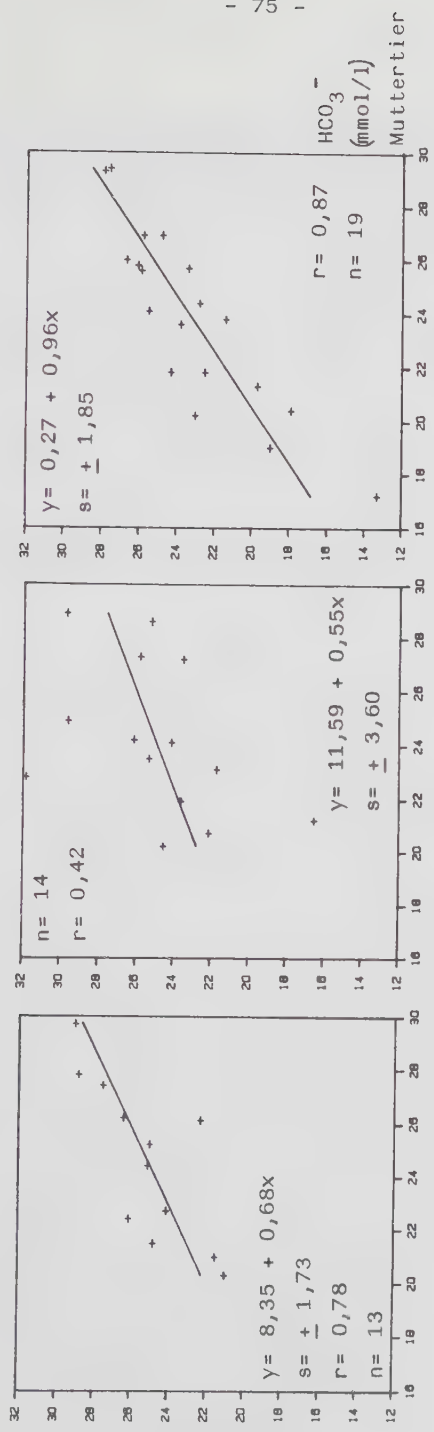


Abbildung 13: Beziehung zwischen zentralen HCO_3^- -Werten der kälber (y) und der Muttertiere (x) zu verschiedenen Zeitpunkten ante partum

3.2.4 Beziehung zwischen dem respiratorischen Parameter $p\text{CO}_2$ und dem metabolischen Parameter BE einerseits und dem pH-Wert jeweils im peripheren und zentralen Blut andererseits

Um die Beziehungen zu überprüfen, wurden die Produkt-Moment-Korrelationskoeffizienten (r) sowie die Regressionskoeffizienten (b) für die Beziehungen zwischen dem Basenüberschuß als metabolischem Parameter sowie dem CO_2 -Partialdruck als respiratorischem Parameter und dem pH-Wert für alle Meßzeiten sowohl im peripheren als auch im zentralen Blut errechnet (siehe Tab.21 und 22). Entsprechend den physiologischen Abläufen wurde der pH-Wert als abhängige Variable (y) gewählt. Dabei ergeben sich für die Beziehung zwischen dem pH-Wert und dem BE-Wert in beiden Kreislaufabschnitten zu allen Meßzeitpunkten annähernd gleich hohe und hochsignifikante Korrelationskoeffizienten. Wie an den Regressionskoeffizienten in Tabelle 21 abzulesen ist, nimmt der Einfluß des Basenüberschusses auf den pH-Wert zum Geburtstermin hin im zentralen Blut stärker zu als im peripheren Blut. Die Regressionskoeffizienten besagen, daß bei einem Anstieg des Basenüberschusses um eine Einheit der pH-Wert im peripheren Blut 50 Min. a.p. um 0,017 und in der Geburt (Zeitpunkt 0) um 0,019 und im zentralen Blut um 0,013 bzw. um 0,017 und damit stärker ansteigt. Wie aus Tabelle 22 zunächst erscheint, bestehen zwischen dem CO_2 -Partialdruck und dem pH-Wert negative Beziehungen. Bemerkenswert ist dabei, daß nur die Beziehungen im peripheren Blut, und hier auch erst ab 30 Min. a.p., deutlich und gesichert sind. Im zentralen Blut sind die Korrelationskoeffizienten im Vergleich zum peripheren Blut dagegen eindeutig niedriger. Für beide Entnahmeorte ergeben sich zum Ende der Austreibungsphase hier engere Beziehungen. Für das periphere Blut ändern sich dabei die Regressionskoeffizienten kaum. Im zentralen Blut scheint der Einfluß des CO_2 -Partialdruckes auf den pH-

Wert nach den niedrigen Regressionskoeffizienten besonders zu Beginn der Messungen niedriger zu sein. Da sie nicht signifikant sind, können sie nicht gewertet werden. Für die restlichen Meßzeiten ab 30 Min. a.p. wurden nahezu gleiche Regressionskoeffizienten zwischen -0,004 und -0,008 errechnet, was besagt, daß beim Anstieg des pCO_2 um 1 mmHg ein Abfall des pH-Wertes um jeweils 0,004 bzw. 0,008 zu erwarten ist. Unter Berücksichtigung der unter Punkt 3.2.2 und 3.2.7 ermittelten Streubreiten für den CO_2 -Partialdruck bzw. den Basenüberschuß ergibt sich damit aufgrund der errechneten Regressionskoeffizienten eine deutlich stärkere Beeinflussung des pH-Wertes durch den CO_2 -Partialdruck im negativen Sinne als durch den Basenüberschuß im positiven Sinne (Anstieg).

Tabelle 21: Korrelations- (r) und Regressionskoeffizienten (b) für die Beziehung zwischen peripheren (p) sowie zentralen (z) pH-Werten (y) und dem Basenüberschuß (x) zu verschiedenen Zeitpunkten ante partum

Min. a.p.	n	r_p	r_z	b_p	b_z
50	18	0,874***	0,941***	0,017	0,013
40	21	0,940***	0,928***	0,016	0,016
30	23	0,940***	0,923***	0,019	0,017
20	24	0,893***	0,919***	0,017	0,016
10	25	0,874***	0,890***	0,019	0,016
0	25	0,917***	0,869***	0,019	0,017

* $p < 0,05$

** $p < 0,01$

*** $p < 0,001$

Tabelle 22: Korrelations- (r) und Regressionskoeffizienten (b) für die Beziehung zwischen peripheren (p) sowie zentralen (z) pH-Werten (y) und dem CO₂-Partialdruck (pCO₂) zu verschiedenen Zeitpunkten ante partum

Min. a.p.	n	r _p	r _z	b _p	b _z
50	18	-0,584*	-0,033	-0,005	-0,001
40	21	-0,499*	-0,287	-0,006	-0,003
30	23	-0,742***	-0,510*	-0,008	-0,006
20	24	-0,645***	-0,377	-0,005	-0,004
10	25	-0,744***	-0,451*	-0,005	-0,005
0	25	-0,737***	-0,595**	-0,006	-0,005

* p < 0,05

** p < 0,01

*** p < 0,001

4. DISKUSSION

4.1 Ergebnisse und Schlußfolgerungen

Auf dem Gebiet der Perinatalogie ist der Vergleich peripherer und zentraler Werte des Säure-Basen-Haushaltes (SBH) und der Blutgase des Fetus sub partu bisher weder beim Menschen noch beim Tier durchgeführt worden.

Beim Kind sind zahlreiche Untersuchungen über den Säure-Basen-Haushalt und die Blutgase während der Geburt durchgeführt worden, wozu das Blut überwiegend aus hyperämisierten Kapillargebieten der Kopfhaut entnommen wurde. Alle bereits vorliegenden Untersuchungen beim Kalb wurden dagegen im venösen Blut durchgeführt, so daß aus Vergleichsgründen und technischen Erwägungen Venenblut vorgezogen wurde. Die Saling'sche O_2 -Sparschaltungstheorie ist unumstritten. Da beim Kind zentral-periphere Vergleiche vor allem aus ethischen Gründen nicht möglich sind, konnte der direkte Beweis nicht erbracht werden.

Beim Tier, insbesondere beim Kalb, sind bisher Säure-Basen-Haushalt- und Blutgasuntersuchungen sub partu entweder nur im zentral-venösen (EICHLER-STEINHAUFF 1977; WILSON et al. 1977) oder im peripher-venösen Blut (MÖLLING et al. 1979; BORN 1981) durchgeführt worden, nicht jedoch gleichzeitig und vergleichend in beiden Lokalisationen.

Ziel der vorliegenden Arbeit sollte also sein:

1. die Entwicklung einer geeigneten Methode, um möglichst gleichzeitig aus zentralen und peripheren venösen Blutgefäßen des Fetus Blut entnehmen zu können und
2. die Überprüfung der Existenz eines O_2 -Sparmechanismus beim Kälberfetus sub partu.

Der Wertevergleich zwischen Feten unterschiedlicher Spezies und Plazentationsformen (hier Kind und Kalb) ist aufgrund verschiedener physiologischer Wertigkeiten sicher

nicht ohne weiteres möglich. Es ist jedoch anzunehmen und z.T. auch nachgewiesen, daß im Prinzip ähnliche Mechanismen und Wechselbeziehungen für den SBH und die Blutgase zugrunde liegen.

In die Untersuchung wurden nur pluripare Kühe aufgenommen, die klinisch gesund waren und deren Kälber nach der Geburt mehr als drei Tage überlebten. Da die Gesamtgeburtsdauer und der Gesundheitszustand der Kälber unmittelbar p.p. unberücksichtigt blieb, kann das Untersuchungsmaterial nicht als homogen betrachtet werden. Die gemessenen Blutwerte der Kälber geben deshalb den mittleren Verlauf in den letzten 50 Min. a.p. bei zufällig ausgewählten Geburten wieder. Auch unter diesem Aspekt sind die teilweise erheblichen Streuungen der Blutwerte bei den Kälbern zu sehen, wenn auch bekannt ist, daß beim Kalb die fetalen physiologischen Stoffwechselvorgänge stark wechselnd sind (AMMANN et al. 1974). In Verbindung mit der geringeren Empfindlichkeit gegenüber Störungen kann sich der Fetus dadurch den Belastungen der Geburt besser anpassen (SALING 1964).

Viele Autoren (WULF u. MANZKE 1964; FISCHER 1965; BERG et al. 1966, 1970; WULF et al. 1967; KUBLI 1968; KERENYI 1970; WOOD et al. 1973; KÖNZEL 1974) stellen fest, daß die Einzelwerte stark variieren und abhängig vom Verlauf der Austreibungsphase sind. Ein weiterer Beweis für die mit der Geburtsdauer zunehmende Heterogenität des Untersuchungsmaterials ist nach BERG et al. (1970) die zunehmende Streubreite der Werte. Wie auch BRETSCHER (1973) feststellte, ist besonders die Variationsbreite der respiratorischen Blutparameter unter der Geburt außerordentlich groß. Veränderungen können hierfür innerhalb von Sekunden auftreten.

Bei den eigenen Untersuchungen ist, mit Ausnahme des CO_2 -Partialdruckes, zu Beginn der Messungen (50 bis 30 Min. a.p.) sowohl peripher als auch zentral ein Anstieg aller Medianwerte in den Normalbereich zu verzeichnen. Dies kann als eine Erholungsreaktion nach der Beendigung der operati-

ven Versuchsvorbereitung angesehen werden, wie sie auch von BLECHNER et al. (1960) beschrieben wird. In der Mehrzahl der Fälle war in diesem Zeitraum auch das Wiedereinsetzen der Preßwehen zu beobachten, so daß der erwähnte Anstieg der Blutwerte als leichte Verbesserung des Säure-Basen-Haushaltes nach Einsetzen der Wehentätigkeit interpretiert werden kann (BRETSCHER 1967). Dies stellten auch EICHLER-STEINHAUFF (1977) sowie MÖLLING et al. (1979) für das Kalb fest.

Wie aus der Tabelle 19 hinsichtlich der Beziehungen zwischen peripher und zentral gemessenen Blutwerten hervorgeht, ergaben sich für den pH-Wert und alle metabolischen Parameter hohe Korrelationen. Dieses Ergebnis ist nicht überraschend, da es sich in beiden Fällen um venöses Blut aus ein und demselben Kreislauf handelt. Vielmehr soll eine Interpretation der in der Tendenz sich abzeichnenden Gemeinsamkeiten und Unterschiede versucht werden, auch wenn die Zahl der Untersuchungen klein und die Standardabweichungen teilweise groß sind.

Bemerkenswert ist, daß

1. bei 10 Min. a.p. die niedrigsten Korrelations- und Regressionskoeffizienten einen Einfluß der letzten starken Wehen widerspiegeln könnten. Damit würden auch die Beziehungen zwischen den Blutwerten der Muttertiere und den zentralen Blutwerten der Kälber 10 Min. a.p. übereinstimmen
2. wie aus den Regressionskoeffizienten abzulesen ist, die peripheren Blutwerte im Meßbereich nur etwa 70 bis 90% der zentralen Werte ausmachen, d.h. niedriger sind. Eine Ausnahme stellen der pH-Wert und der CO_2 -Partialdruck 50 Min. a.p. dar, die peripher etwa gleich bzw. 60% höher als zentral liegen
3. mit der Geburtsdauer die Regressionskoeffizienten (b) beim O_2 -Partialdruck und besonders deutlich bei der Sauerstoffsättigung kleiner werden. Dies bedeutet, daß bei diesen Parametern der periphere Blutwert einerseits

zunehmend weniger durch den zentralen Blutwert bestimmt wird und andererseits, daß die peripheren Blutwerte stärker abfallen (siehe Abb.11, S.70/71).

Bei der Beurteilung des Verlaufes der Blutwerte bei den Muttertieren fällt neben den Schwankungen auf, daß der pH-Wert und alle metabolischen Parameter sowie der $p\text{CO}_2$ 30 Min. a.p. am niedrigsten liegen. Da die Blutproben während verschiedener Stadien der Wehentätigkeit entnommen wurden, dürften die beiden Befunde mit einer mehr oder weniger kompensierten metabolischen Azidose besonders zu diesem Entnahmezeitpunkt zu erklären sein. Unter dem Vorbehalt der geringen Anzahl an Untersuchungen bei den Muttertieren müssen auch die Ergebnisse für die Beziehungen zwischen Mutter und Fetus gesehen werden (siehe Tab.20, S.73). In der Geburt zum Zeitpunkt 0 Min. a.p. bestehen die höchsten Korrelationen für die metabolischen Parameter. Die nicht signifikanten Zusammenhänge zwischen Muttertier und Fetus 10 Min. a.p. könnten auf eine nachteilige Beeinflussung infolge eines verminderten Austausches über die Plazenta durch die letzten starken Austreibungswehen zurückzuführen sein. (Zum Meßzeitpunkt 0 Min. a.p. waren die Austreibungswehen in der Mehrzahl der Fälle abgeebbt oder beendet.) Für die respiratorischen Blutparameter war während des gesamten Untersuchungszeitraumes keine Beziehung zwischen maternalen und fetalen Werten erkennbar.

Die bei den eigenen Untersuchungen ermittelten Ergebnisse stimmen zum Teil mit denen von BEARD und MORRIS (1965) sowie von KUBLI (1968) überein, die bei einer maternalen respiratorischen Azidose, im Gegensatz zur maternalen metabolischen Azidose, keine Auswirkungen auf den Fetus feststellten.

Im "steady-state", also vor Beginn der Austreibungsphase, fanden BLECHNER et al. (1960) nur andeutungsweise ein CO_2 -Gefälle von der Frucht zur Mutter. Auch für das HCO_3^- konnten die Autoren keine gesicherten Beziehungen finden, da

dieses Ion diaplazentar schlecht oder gar nicht diffundiert. Dies stellte CURET (1970) auch beim Schaf fest. Er hält ebenso wie SMITH und SCHWARTZ (1970) die Niere für das wichtigste Organ bei der Regulation des Säure-Basen-Gleichgewichtes. Zwischen maternalem und fetalem pH-Wert wurde von BLECHNER et al. (1960) ebenfalls kein Zusammenhang gefunden. Ähnliche Feststellungen machten AMMANN et al. (1974) beim Kalb.

Da während der Geburt weder ein maternales noch fetales "steady-state" besteht, sieht KUBLI (1968) die Möglichkeit von Fehlinterpretationen. Der steigende fetale CO_2 -Partialdruck während der Austreibung steht nach Meinung des Autors in keinem Zusammenhang mit dem maternalen pCO_2 . Für die Beurteilung des fetalen pH-Wertes empfiehlt derselbe Verfasser besonders im Grenzbereich zumindest auch die metabolische Seite des maternalen Säure-Basen-Haushaltes zu berücksichtigen. Ein normaler Säure-Basen-Status der Mutter kann fetale Komplikationen nicht ausschließen, während bei maternaler Azidose nach KUBLI et al. (1966) und WULF et al. (1967) generell mit fetalen Störungen zu rechnen ist. LOW et al. (1975) sehen dagegen in der maternalen Azidose keine entscheidende Ursache für die fetale Azidose.

Bei intrauteriner Asphyxie findet KUBLI (1968) einen steigenden feto-maternalen Gradienten für den Basenüberschuß. Der Autor vermutet dies auch für den pH-Wert und den pCO_2 . Im Gegensatz zu einer Asphyxie-Gruppe stellten KUBLI et al. (1966) bei Normalgeburten enge Beziehungen zwischen maternalem und fetalem Basenüberschuß fest.

Nach KÖNZEL (1974) geht die Korrelation durch Laktatbildung im Feten mit zunehmender Geburtsdauer verloren.

Nach KERENYI et al. (1970) ist der fetale pH-Wert der beste Parameter für die Zustandsdiagnostik ("fetal well-being"). KUBLI (1968) schränkt ein, daß der Einfluß der Azidose auf den Fetus davon abhängig ist, ob sie

1. durch Asphyxie verursacht ist und

2. in Ausmaß und Dauer gewisse (nicht exakt festlegbare und individuell variierende) Grenzen nicht überschreitet.

Darüberhinaus muß die Asphyxiephase im Zusammenhang mit dem Stand der Geburt gesehen werden.

Aufgrund der besonderen Bedeutung des pH-Wertes unter der Geburt ist sein Verlauf am häufigsten untersucht und beschrieben worden.

Die in vorliegender Arbeit ermittelte zentral-venöse Differenz zwischen Austreibungsbeginn und -ende beträgt für den pH-Wert 0,042 (peripher 0,080) pH-Einheiten und zeigt damit eine gute Übereinstimmung mit den Differenzen im Kapillarbereich für das Kind von 0,05 (0,025 bis 0,07) im entsprechenden Zeitraum (siehe Tab.2, S.13). Die Übereinstimmung mit dem von EICHLER-STEINHAUFF (1977) beim Kalb zentral-venös und von MÜLLING et al. (1979) peripher-venös ermittelten Abfall des pH-Wertes ist weniger gut. Die Autoren ermittelten ca. 50 Min. a.p. pH-Medianwerte von 7,341 bzw. 7,296 und unmittelbar a.p. 7,255 bzw. 7,269. Das entspricht einem pH-Abfall von 0,086 im zentralen und von "nur" 0,027 pH-Einheiten im peripheren Blut. EICHLER-STEINHAUFF (1977) brach die Untersuchungen bei einem zentral-venösen pH-Wert unter 7,200 ab. MÜLLING et al. (1979) haben in ihren Untersuchungen nur "lebensfrische" Kälber berücksichtigt und bemerken dazu kritisch, daß das Problem bei Untersuchungen dieser Art in der subjektiven Beurteilung des Gesundheitszustandes der Neugeborenen sowie in der nicht bekannten Intensität der Wehen besteht.

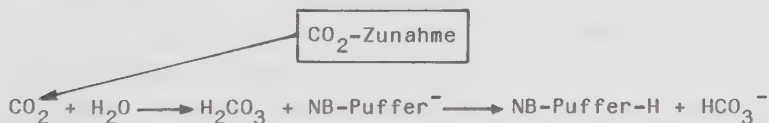
Aus Tabelle 10 und Abbildung 1 (siehe S.32/33) ergibt sich ebenfalls eine ständig zunehmende Differenz zwischen zentralen und peripheren pH-Medianwerten. Beträgt die Differenz zu Untersuchungsbeginn nur 0,057, so hat sie sich bis zum Partus auf 0,101 pH-Einheiten nahezu verdoppelt.

Die Differenzen der pH-Werte sind zu allen Meßzeitpunkten hochsignifikant. Dies ist eine Bestätigung dafür, daß trotz

relativ "alarmierender" Werte in der Peripherie in den zentralen Gefäßen möglichst lange ein pH-Wert aufrecht erhalten wird, der über der unteren kritischen Grenze liegt.

Bei der weiteren Besprechung soll versucht werden, anhand der eigenen Untersuchungen eine Erklärung für das Verhalten der pH-Werte zu finden.

Bei den vorliegenden Untersuchungsergebnissen fällt auf, daß die aktuellen peripheren und zentralen Bicarbonatgehalte in der letzten Phase ante partum auf etwa gleicher Höhe bleiben, wobei die peripheren Blutgehalte in der Mehrzahl höher liegen. Dies ist dadurch zu erklären, daß zwischen der vermehrten Kohlensäure und den "Nicht-Bicarbonat"-Puffern eine Reaktion abläuft, bei der Bicarbonat nach folgender Gleichung gebildet wird:



Hieran wird deutlich, daß die physikalisch-chemische Abhängigkeit eines metabolischen Parameters von einer respiratorischen Komponente den diagnostischen Wert des aktuellen Bicarbonates einschränkt. Für diesen Parameter liegen daher auch keine Signifikanzen vor. Die Differenzen für das Standardbicarbonat (SBC), welches unabhängig vom pCO₂ ist, sind hingegen hochsignifikant und liegen erwartungsgemäß zentral immer höher als peripher. Die Differenz zwischen HCO₃⁻ und SBC im zentralen Blut schwankt leicht zwischen 3,3 und 3,8 mmol/l. In der Peripherie sind die entsprechenden Differenzen größer (zwischen 5,0 und 5,9 mmol/l). Sie vergrößern sich ab 30 Min. a.p. kontinuierlich. Dieser Befund weist darauf hin, daß gegen Ende der Austreibungsphase eine zunehmende Hyperkapnie besteht (BERG et al. 1966, 1970), die zumindest in der Peripherie in einem Anstieg des respirato-

rischen Anteils der gemischt respiratorisch-metabolischen Azidose resultiert. Dies findet seine Bestätigung in den Beziehungen zwischen den pH-Werten als abhängige Variable einerseits und dem Basenüberschuß und dem CO_2 -Partialdruck andererseits (siehe Tab.21 und 22, S.77/78). Während der Einfluß des Basenüberschusses auf den pH-Wert in beiden Kreislaufabschnitten zu allen Zeiten signifikant und gleichbleibend groß ist, werden die Beziehungen zwischen dem pH-Wert und dem CO_2 -Partialdruck erst mit zunehmender Geburtsdauer enger und signifikant, und zwar peripher wesentlich früher und ausgeprägter als zentral. Die Zunahme der Hyperkapnie dürfte aber nicht nur als Ausdruck des eingeschränkten Gasaustausches in der Plazenta (WULF u. MANZKE 1964; WALSER u. MAURER-SCHWEIZER 1978), sondern auch zum Teil als Kompensationsversuch auf die metabolische (Laktat-) Azidose zu bewerten sein, wie sie u.a. von FISCHER und TOUSSAINT (1963), LOW (1966) sowie LOW et al. (1974) beschrieben wird. Die metabolische Azidose hat ihre Ursachen in einer Störung des oxydativen Stoffwechsels, welche in ständig sinkendem pO_2 (siehe Abb.3, S.40) und sinkender Sauerstoffsättigung zum Ausdruck kommt (siehe Abb.4, S.44). Die peripher-zentralen Unterschiede sind für diese beiden Parameter wie auch für den pCO_2 hochsignifikant. Die Folgen der Gewebshypoxie sollen in der folgenden Abbildung 14 veranschaulicht werden, wobei noch einmal darauf hingewiesen wird, daß durch die gewählte Zeiteinteilung die Dauer der Hypoxie mit allen ihren Folgen etwas länger erscheint, als sie tatsächlich war (vgl. S.28)

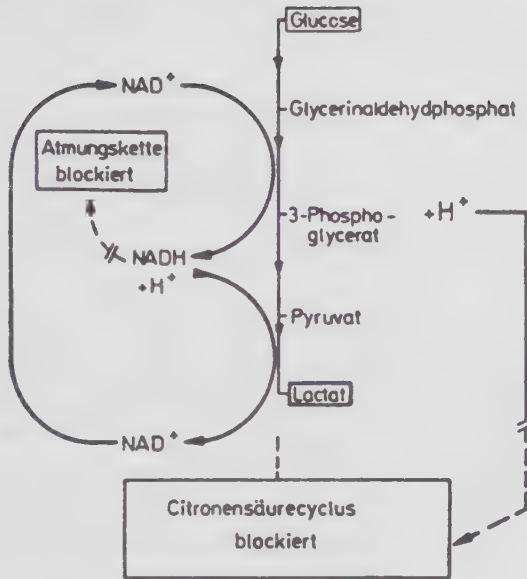
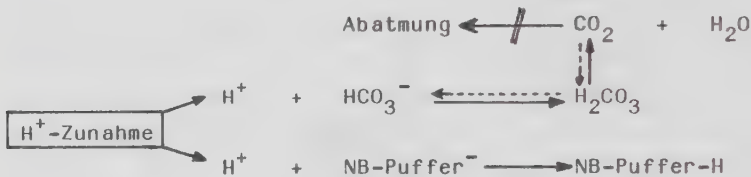


Abbildung 14: Laktatbildung und Azidoseentstehung bei anaerobem Glukoseabbau (nach MÖLLER-PLATHE 1973)

Bei einer Gewebshypoxie, die sich hier in besonderem Maße peripher verstärkt, ist die Atemkette nicht in der Lage, NAD zu regenerieren. NADH überträgt daher seinen Wasserstoff auf das Pyruvat, wobei Laktat entsteht. Da bei Hypoxie zugleich der Zitronensäurezyklus gestört ist, wird das von der 3-Phosphoglycerinsäure stammende H⁺ nicht wie üblich bei der Bildung von α -Ketoglutarat eliminiert. Es verbleibt im H⁺-Pool. Laktatbildung und Azidose sind folglich bei einem Sauerstoffmangel gekoppelt, aber unterschiedlich verursacht: die Laktatbildung ist Folge der notwendigen Reoxydation des NADH, die Azidose entsteht durch Blockierung des Weges vom H⁺-Donator zum H⁺-Akzeptor (LANGENDORF 1969). Die H⁺-Ionen

reagieren z.T. mit den im Blut vorhandenen Basen, wobei nun Bicarbonat- und "Nicht-Bicarbonat"-Puffer (NB-Puffer) als H^+ -Akzeptor dienen können.



Da das entstehende CO_2 beim Fetus sub partu nicht durch Hyperventilation eliminiert werden kann, muß es zu einer Anhäufung des CO_2 und somit auch zu einer Steigerung des $p\text{CO}_2$ kommen. Beide Befunde sind in der vorliegenden Arbeit an den Ergebnissen abzulesen. Durch die aufgezeigte blutchemische Pufferung, die als passive Sofortreaktion betrachtet werden muß, wird keine Anpassung des CO_2 -Partialdruckes herbeigeführt. Ein Abfall des pH-Wertes wird zwar verringert, aber nicht verhindert. Bei primärer CO_2 -Zunahme (Beispiel: respiratorische Azidose) findet die Pufferung nach dem auf S.85 angegebenen Reaktionsschema statt.

Die Deutung der Pufferungsvorgänge wird wesentlich erschwert durch die beschränkte Möglichkeit des Fetus, den $p\text{CO}_2$ zu regulieren. Dies gilt besonders in der Peripherie. MOORE (1969) hält es sogar für unmöglich, den genauen Umfang metabolischer und respiratorischer Ursachen der fetalen Azidose zu bestimmen.

Da sämtliche Blutgas- und Säure-Basen-Untersuchungen beim Kind im Kapillarblut vorgenommen werden, ist ein Vergleich der Blutgaswerte von Kind und Kalb kaum möglich und bleibt spekulativ. Immerhin kann man feststellen, daß bei ähnlichem Sauerstoff-Partialdruck (der mittlere kindliche kapilläre $p\text{O}_2$ liegt zwischen den hier für das Kalb ermittelten peripheren und zentral-venösen Medianwerten) die entsprechende Sauerstoffsättigung beim Kind höher zu liegen scheint. Man

sollte allerdings bedenken, daß die Sauerstoffsättigung peripheren Venenblutes erheblich schwanken kann.

Die Differenzen der Mittelwerte zwischen Beginn und Ende der Austreibungsphase stimmen dagegen bei Kalb und Kind (für das Kind kapillär und für das Kalb zentral-venös) gut überein. Der O_2 -Partialdruck fällt beim Kalb um ca. 3 mmHg (Kind 1-7 mmHg), die Sauerstoffsättigung fällt um ca. 12% (Kind 4-12%) und der CO_2 -Partialdruck steigt um ca. 4 mmHg (Kind 2-8 mmHg). (Vgl. Tab.5, 6 und 7, S.14/15 für das Kind und Tab.11, 12 und 13, S.37, 41 und 45 für das Kalb.)

Beim Vergleich der ermittelten zentral-venösen respiratorischen Parameter mit den bisher für das Kalb sub partu gefundenen venösen Werten ergibt sich eine sehr gute Übereinstimmung, besonders mit den von EICHLER-STEINHAUFF (1977) gefundenen pO_2 - und pCO_2 -Werten in der V.jugularis. Dies gilt auch für die von DUFTY und SLOSS (1977) und WILSON et al. (1977) gefundenen pCO_2 -Werte vor Einsetzen der Wehen sowie für die von MOORE (1969), MAURER-SCHWEIZER et al. (1977) und WAIZENHÖFER (1977) ermittelten pCO_2 -Werte unmittelbar p.p. (vgl. Tab.8 und 9, S.22/23). Die von AMMANN et al. (1974) und BORN (1981) gemachten pCO_2 -Angaben liegen dagegen deutlich unter den bei den eigenen Untersuchungen im peripher-venösen Kreislauf ermittelten Werten. Dies könnte z.T. mit der Zusammensetzung des Untersuchungsmaterials erklärt werden, denn darin sind keine Asphyxie- und Azidosefälle enthalten.

Der Basenüberschuß (BE) oder eigentlich besser die Basenabweichung (base deviation: BD) weist nach MÜLLER-PLATHE (1973) weder eine Abhängigkeit vom CO_2 -Partialdruck noch vom Hämoglobin auf und ist deshalb hervorragend für Dosisberechnungen zur Korrektur metabolischer Störungen geeignet. Bei Berechnungen des Standard-Basenüberschusses (SBE) wird außer der Pufferkapazität des Blutes auch noch die des Interstitial- und Extrazellularraumes berücksichtigt.

Am BE (SBE) läßt sich die metabolische Komponente der

gemischten Azidose bei zunehmender Geburtsdauer erkennen. Zentral ist zu allen Meßzeitpunkten ein geringeres Basendefizit auszugleichen (niedrigster Median: $-3,0 \text{ mmol/l}$) als peripher (niedrigster Median: $-4,4 \text{ mmol/l}$). Der Abstand vom zentralen zum peripheren Basenüberschuß bleibt in den letzten 30 Minuten mit $1,4$ bis $1,7 \text{ mmol/l}$ relativ konstant, woraus hervorgeht, daß der metabolische Anteil an der gemischten Azidose in etwa gleichem Maße zunimmt.

Die in der Peripherie und im Zentrum festgestellten gleichbleibend engen Beziehungen zwischen BE und pH-Wert lassen vermuten, daß die metabolische Beeinflussung des pH-Wertes an beiden Entnahmestellen auf die gleiche Ursache zurückzuführen ist (maternale Infusionsazidose und/oder Laktatbildung im Fetus selbst).

Die in der Literatur für das Kalb während der Geburt angegebenen HCO_3^- , SBC und BE-Werte zeigen durchweg eine gute Übereinstimmung mit den hier ermittelten Werten (AMMANN et al. 1974; BORN 1981; EIGENMANN et al. 1981).

Nur die von MOORE (1969) und DUFTY und SLOSS (1977) angegebenen HCO_3^- -Werte liegen deutlich über den eigenen und denen der übrigen Verfasser.

Beim Kalb werden im Vergleich zum Kapillarblut des Kindes selbst in der venösen Peripherie nicht annähernd so deutlich negative mittlere Basenabweichungen erreicht, wie sie z.B. von SALING (1964) und FISCHER (1965) für das Kind angegeben werden (bis $-14,1 \text{ mmol/l}$).

Im übrigen liegen auch die SBC-Angaben für das Kind unter den für das Kalb veröffentlichten Werten. Aus diesem Umstand könnte geschlossen werden, daß die metabolische Belastung des Kalbes durch das Laktat während einer "Normalgeburt" offenbar geringer ist als beim Kind und dadurch die Pufferkapazität nicht so schnell erschöpft ist und zu deutlichen Basenverlusten führt. Zu ähnlichen Feststellungen gelangte auch MAURER-SCHWEIZER et al. (1977). Die Ursache hierfür könnte in der unterschiedlichen Plazentation vermutet wer-

den, die eine Infusionazidose begünstigt.

In Übereinstimmung mit PETSCHENIG (1978), der für das Kalb unmittelbar p.p. ein Gesamt-Kohlendioxyd (TCO_2) von 26,2 mmol/l angibt, wurde in vorliegender Arbeit ein zentralvenöser Gesamt- CO_2 -Medianwert von 25,7 mmol/l zum Geburtszeitpunkt ermittelt. Da diese Meßgröße sowohl von der respiratorischen als auch von der metabolischen Komponente abhängig ist, wird darauf hingewiesen, daß die Bestimmung nur dann von Wert ist, wenn angenommen werden kann, daß der CO_2 -Partialdruck des Probanden normal ist. Dies ist hier mit Sicherheit nicht der Fall. Nach FISCHER (1965) liegt die Erklärung für die geringe Schwankung des Gesamt- CO_2 , selbst bei steigendem CO_2 -Partialdruck, am flachen Verlauf der CO_2 -Bindungskurve. Dies wird nur zum Teil durch den geringeren Oxygenierungsgrad des fetalen Blutes, der eine bessere CO_2 -Bindung ermöglicht (CDH-Effekt, siehe S.7) wieder ausgeglichen.

4.2 Kritische Anmerkungen

Abschließend soll darauf hingewiesen werden, daß es sich bei den untersuchten Kälbern und auch bei den Muttertieren um "biologisches Versuchsmaterial" handelt, wobei schwer feststellbare oder objektivierbare Störmomente wie z.B. latente Erkrankungen und Infektionen, Aufregung, Durchblutungsstörungen, Atemfrequenz, Wehenintensität, Geburtsdauer, jahres- und tageszeitliche Schwankungen (Biorhythmus), das nicht sichere Ausschließen des ersten Atemzuges die Meßergebnisse in unbekanntem Ausmaß beeinflussen können und dadurch Rückschlüsse erschweren oder gar verfälschen.

Zumindest die Blutgasmessungen wären im arteriellen Blut informativer. Aus technischen Erwägungen sowie aus Vergleichsgründen wurden die Untersuchungen wie bei den bisher vorliegenden Arbeiten beim Kalb im venösen Blut durchge-

führt.

Weitere wichtige Fehlerquellen stellen die Entnahmetechnik und die Lagerung des Blutes dar. Entnahmedauer, eventueller Luftkontakt, Antikoagulantien, Aufbewahrungstemperatur und Durchmischungsgrad können die zu messenden Parameter m.o.w. stark beeinflussen. Diese Einflußfaktoren wurden bei den eigenen Untersuchungen durch besondere Sorgfalt weitestgehend auszuschließen versucht. Auch die Korrektur der aktuellen Meßgrößen (pH-Wert, $p\text{CO}_2$ und $p\text{O}_2$) auf die tatsächliche Körpertemperatur der Probanden hat einen Einfluß auf die Genauigkeit der Meßdaten (siehe S.27).

5. ZUSAMMENFASSUNG

Die Untersuchungen wurden sub partu an 26 in Vorderendlage befindlichen Kälberfeten und deren sich in normaler Geburt befindenden, klinisch gesunden Muttertieren der Rasse "Deutsche Schwarzbunte" durchgeführt. Dazu wurde eine Methode erarbeitet, die eine anaerobe venöse Blutgewinnung aus dem zentralen sowie aus dem peripheren Kreislauf ermöglicht.

Zur Feststellung des Verlaufs der Werte des Säure-Basen-Haushaltes und der Blutgase wurde den Kälbern ante partum Blut entnommen und die Messungen 50, 40, 30, 20, 10 und 0 Min. a.p. ausgewertet. Bei den Muttertieren wurden parallele Untersuchungen durchgeführt. Folgende Parameter wurden im Blutgasautomaten ABL 2 gemessen bzw. errechnet:

pH-Wert, $p\text{CO}_2$, $p\text{O}_2$, SAT, HCO_3^- , SBC, BE, SBE und TCO_2 , wobei in jedem Falle eine Korrektur der Werte auf die tatsächliche Körpertemperatur stattfand.

Alle untersuchten Parameter, mit Ausnahme des CO_2 -Partialdruckes, fallen zur Geburt hin ab ($p\text{CO}_2$ steigt an). Dabei wird die Differenz zwischen zentralen und peripheren Medianwerten besonders für den O_2 -Partialdruck und den pH-Wert immer größer.

Außerdem waren für den O_2 -Partialdruck und besonders für die Sauerstoffsättigung (SAT) mit zunehmender Geburtsdauer im peripheren Blut ein stärkerer Abfall als im zentralen Blut festzustellen.

Die O_2 -Sparschaltungstheorie von SALING (1966a, 1966b) beim Kind kann daher für das Kalb bestätigt werden.

Alle respiratorischen Parameter sowie das Standardbicarbonat (SBC), der Basenüberschuß (BE) und der pH-Wert wiesen statistisch hochsignifikante Unterschiede zwischen zentralen und peripheren Werten zu allen Meßzeitpunkten auf. Für das Bicarbonat (HCO_3^-) und das Gesamt- CO_2 waren die Unterschiede nicht signifikant.

Gegen Ende der Geburt steigt besonders in der Peripherie

die Hyperkapnie und damit der respiratorische Anteil der gemischt metabolisch-respiratorischen Azidose des Kälberfetuses an. Dies findet seinen Ausdruck auch in den engeren Beziehungen zwischen dem pH-Wert und dem CO_2 -Partialdruck. Der metabolische Einfluß auf den pH-Wert ist dagegen in beiden Kreislaufabschnitten zu allen Meßzeitpunkten gleich und hochsignifikant.

Für die Beziehung zwischen zentralen Blutwerten beim Kalb und den Blutparametern des Muttertieres ergaben sich nur zum Zeitpunkt 0 Minuten und nur für die metabolischen Parameter statistisch gesicherte Beziehungen.

Wegen der die Aussage einschränkenden geringen Tierzahl und den relativ großen Standardabweichungen kann nur vermutet werden, daß die Beziehungen zwischen maternalen und fetalen metabolischen Parametern stark von der Wehentätigkeit und der Funktionsfähigkeit der Plazenta abhängig sind. Für die respiratorischen Parameter scheinen keine Beziehungen zwischen Mutter und Kalb zu bestehen.

SUMMARY

The following experiments were carried out during normal delivery on 26 calves in normal position and their clinically healthy dams. A method was developed allowing anaerobic bloodsampling from central and peripheral venous circulation.

In order to determine the development of the acid-base balance and that of the blood gas values of the calves, blood samples were taken and analysed 50, 40, 30, 20, 10 and 0 minutes before birth. Parallel investigations were carried out on the dams.

In consideration of the actual body temperature the following parameters were measured or calculated with the blood gas automat ABL 2:

pH-value, $p\text{CO}_2$, $p\text{O}_2$, SAT, HCO_3^- , SBC, BE, SBE and TCO_2 .

With the exception of the $p\text{CO}_2$ (which increased) all parameters decreased towards birth while the differences between central and peripheral mean values, particularly for the $p\text{O}_2$ and the pH-value, increased.

With increasing birth duration the peripheral blood showed a higher decrease of $p\text{O}_2$ and particularly SAT than the central blood.

The theory of an "oxygen economization circuit" for the infant (SALING 1966a, 1966b) can also be corroborated for the calf. All the respiratory parameters the SBC, the BE and the pH-value but not the HCO_3^- and the TCO_2 showed statistically highly significant differences between central and peripheral values.

Towards the end of birth $p\text{CO}_2$ increased especially in the periphery resulting in an elevation of the respiratory amount of the mixed respiratory-metabolic acidosis of the calf. This fact is also proved by better correlations between the pH-values and the $p\text{CO}_2$. At all measuring times the metabolic influence on the pH-value remains highly sig-

nificant in central as well as in peripheral circulation.

The relations between the central blood values of the calves and the corresponding blood values of the dams were only found to be statistically safe concerning the metabolic parameters at 0 minutes before birth. Because of the small number of animals and relatively great standard deviations it can be assumed that the relations between the metabolic parameters of the calves and their dams depend on labor and the efficiency of the placenta. For the respiratory parameters there seem to be no relations between the calves and their dams.

6. LITERATURVERZEICHNIS

ADAMSONS, K., R.W. BEARD u. R.E. MYERS (1970):

Comparison of the composition of arterial, venous and
capillary blood of the fetal monkey during labor
Am.J.Obstet.Gynecol. 107, 435-440

AMMANN, H., M. BERCHTOLD u. F. SCHNEIDER (1974).

Blutgas- und Säure-Basen-Verhältnisse bei normalen und
asphyktischen Kälbern
Berl.Münch.Tierärztl.Wochenschr. 87, 66-68

APGAR, V. (1966):

The newborn (Apgar) scoring system
Reflections and advise
Pediatr.Clin. North Am. 13, 645-650

BARTELS, H., K. RIEGEL, J. WENNER u. H. WULF (1972):

Perinatale Atmung
Verlag Springer, Berlin-Heidelberg-New York

BEARD, R.W. u. E.D. MORRIS (1965):

Foetal and maternal acid-base balance during normal
labor
J.Obstet.Gynaecol.Br.Commonw. 72, 496-503

BERG, D., J. HÜTER, G. KÖHNLEIN u. F. KUBLI (1966):

Die Mikroblutuntersuchung am Fetus
2. Mitteilung: Die physiologische fetale Acidose
Arch.Gynäkol. 203, 287-299

BERG, D., G. KRONENBERGER u. F. KUBLI (1970):

Statistische Untersuchungen zur subpartalen Acidose des
Feten
Arch.Gynäkol. 209, 34-49

BLECHNER, J.N., G. MESCHIA u. D.H. BARRON (1960):

A study of the acid-base balance of fetal sheep and goats

Q.J.Exp.Physiol. 45, 60-71

BORN, E. (1981):

Untersuchungen über den Einfluß der Schnittentbindung auf die Vitalität neugeborener Kälber

Hannover, Tierärztl. Hochschule, Diss.

BRETSCHER, J. (1967):

Der Ablauf der fetalen Azidose und ihr Einfluß auf den postpartalen Zustand des Neugeborenen

Pädiatr.Pädol. 3, 127-137

BRETSCHER, J. (1973):

Die perinatale Gefährdung

Wien.med.Wochenschr. 123, 505-511

BRETSCHER, J. u. E. SALING (1967):

pH-values in the human fetus during labor

Am.J.Obstet.Gynecol. 97, 906-911

BRETSCHER, J. u. E. SALING (1969):

Azidotische Extremwerte beim menschlichen Fetus

Zentralbl.Gynäkol. 91, 31-34

BRETSCHER, J. u. J. SCHMID (1970):

Untersuchungen über die metabolische Komponente des Säure-Basenhaushalts beim menschlichen Feten

I. Lactat- und Pyruvatparameter beim ungestörten Geburtsablauf

Arch.Gynäkol. 208, 283-316

BRUNS, P.D., W.A. BOWES jr., V.E. DROSE u. F.C. BATTAGLIA
(1963):

Effect of respiratory acidosis on the rabbit fetus in
utero

Am.J.Obstet.Gynecol. 87, 1074-1080

CAFFIER, H. u. H. WULF (1967):

Zur Frage einer Anaerobiose und einer Azidose des Feten
unter der Geburt

Z.Geburtshilfe Gynäkol. 166, 124-145

COMLINE, R.S. u. M. SILVER (1970):

pO₂, pCO₂ and pH-levels in the umbilical and uterine
blood of the mare and ewe

J.Physiol. (Lond.) 209, 587-608

COMLINE, R.S. u. M. SILVER (1972):

The composition of foetal and maternal blood during
parturition in the ewe

J.Physiol. (Lond.) 222, 233-256

CURET, L.B. (1970):

Acid-base relationships across the sheep placenta

J.Obstet.Gynaecol.Br.Commonw. 77, 1091-1095

DAVENPORT, H.W. (1979):

Säure-Basen-Regulation. 2.Aufl.

Verlag Thieme, Stuttgart

DAWES, G.S. (1962):

The umbilical circulation

Am.J.Obstet.Gynecol. 84, 1634-1648

DAWES, G.S., S.L.B. DUNCAN, B.V. LEWIS, G.L. MERLET, J.B.

OWEN-THOMAS u. J.T. REEVES (1969):

Hypoxaemia and aortic chemoreceptor function in foetal lambs

J.Physiol. (Lond.) 201, 105-116

DEBDAS, A. u. N.N.R. CHOWDHURY (1970):

Fetal distress and pH value of umbilical cord blood

Am.J.Obstet.Gynecol. 107, 1044-1046

DÖRRWÄCHTER, L. (1957):

Aufzucht und Aufzuchtverluste und ihre Bedeutung für die landwirtschaftliche Nutztierhaltung

Züchtungskunde 29, 383-397

DUFTY, J.H. u. V. SLOSS (1977):

Anoxia in the bovine fetus

Aust.Vet.J. 53, 262-267

EICHLER-STEINHAUFF, H.J. (1977):

Untersuchungen über den aktuellen pH-Wert und die Blutgasverhältnisse im venösen Blut von Kälbern während des Geburtsverlaufes

Berlin, Freie Univ., Fachber. Veterinärmed., Diss.

EIGENMANN, U.J.E., E. GRUNERT u. E. BORN (1981):

Untersuchungen über den Einfluß der Schnittentbindung auf den Säurebasenhaushalt sowie die Plasmaglukosekonzentration neugeborener Kälber

Dtsch.Tierärztl.Wochenschr. 88, 433-437

FISCHER, W.M. (1965):

Untersuchungen zum Säure-Basen-Gleichgewicht im fetalen Blut vor der Geburt

Arch.Gynäkol. 200, 534-551

FISCHER, W.M. u. W. TOUSSAINT (1963):

Über den Säure-Basen-Haushalt beim Neugeborenen:
Untersuchungen in den ersten Lebensminuten
Arch.Gynäkol. 199, 182-198

GROSSE-BROCKHOFF, F. (1950):

Pathologische Physiologie
Verlag Springer, Berlin-Heidelberg-New York, S.449

HAHNDORF, A. (1967):

Die wichtigsten Todesursachen des Kalbes anhand der
Sektionsstatistik mit besonderer Berücksichtigung der
pathologisch-anatomischen Veränderungen
Gießen, Univ., Veterinärmed. Fak., Diss.

HOBEL, C.J. (1971):

Intrapartum clinical assessment of fetal distress
Am.J.Obstet.Gynecol. 110, 336-342

JAMES, L.S., I.M. WEISBROT, C.E. PRINCE, D.A. HOLADAY u.
V. APGAR (1958):

The acid-base-status of human infants in relation to
birth asphyxia and the onset of respiration
J.Pediatr. 52, 379-394

KERENYI, Th.D., S. FALK, R.D. METTEL u. B. WALKER (1970):

Acid-base balance and oxygen saturation of fetal scalp
blood during normal and abnormal labors
Obstet.Gynecol. 36, 398-404

KRAUB, D.O. (1977):

Untersuchungen über die Blutgase und aktuellen pH-Werte bei Feten des Göttinger Miniaturschweines während der Schmerzausschaltung mit Metomidat^R und Ketamin^R nach Prämedikation mit Azaperon^R am 112. Tag der Gravidität
Berlin, Freie Univ., Fachber. Veterinärmed., Diss.

KUBLI, F.W. (1966):

Fetale Gefahrenzustände und ihre Diagnose
Verlag Thieme, Stuttgart

KUBLI, F.W. (1968):

Influence of labor on fetal acid-base balance
Clin.Obstet.Gynecol. 11, 168-191

KUBLI, F., D. BERG, J. HÖTER u. F. AL BANDAR (1966):

Die Mikroblutuntersuchung am Fetus
III. Mitteilung: Beitrag zum Problem des Säurebasen-
gleichgewichts zwischen Mutter und Kind
Arch.Gynäkol. 203, 300-316

KÖNZEL, W. (1974):

Der Säure-Basen-Status im maternen und fetalen Blut
unter der Geburt und im Blut des Neugeborenen unmittel-
bar post partum (Indikation zur Mikroblutanalyse)
Gynäkologe 7, 36-43

KÖNZEL, W., H. WULF u. A. BUSSE (1970):

Der Einfluß der maternen Ventilation auf die aktuellen
Blutgase und den Säure-Basen-Status des Feten
Z.Geburtshilfe Gynäkol. 172, 1-24

LAMBERTI, G., F.K. KLÖCK, H.P. CLOSS, W. SCHWENZEL u.
R. AUSTERMANN (1972):

Das fetale Acidoserisiko in der Austreibungsphase
Z.Geburtshilfe Perinatol. 176, 50-60

LANGENDORF, H. (1969):

Aktuelle Fragen der Physiologie des Säure-Basen-Gleich-
gewichtes

In: Anaesthesiologie und Wiederbelebung, Bd. XXXV,

hrg. von R. FREY, F. KERN u. O. MAYRHOFER

Verlag Springer, Berlin-Heidelberg-New York

LINDAU, F. (1970):

Leistungsprüfungen im Spiegel der Rindergesundheit. Eine
Betrachtung zum endoparasitären Problem in der Rinder-
haltung

Tierärztl.Umsch. 25, 146-149

LOW, J.A. (1966):

Assessment of metabolic state and anaerobic metabolism
in the normal newborn infant

Am.J.Obstet.Gynecol. 94, 497-505

LOW, J.A., S.R. PANCHAM, D. WORTHINGTON u. R.W. BOSTON
(1974):

Acid-base, lactate and pyruvate characteristics of the
normal obstetric patient and fetus during the intrapar-
tum period

Am.J.Obstet.Gynecol. 120, 862-867

LOW, J.A., S.R. PANCHAM, D. WORTHINGTON u. R.W. BOSTON
(1975):

The acid-base and biochemical characteristics of intra-
partum asphyxia

Am.J.Obstet.Gynecol. 121, 446-451

MAURER-SCHWEIZER, H., U. WILHELM u. K. WALSER (1977):

Blutgase- und Säure-Basen-Haushalt bei lebensfrischen
Kälbern in den ersten 24 Lebensstunden
Berl.Münch.Tierärztl.Wochenschr. 90, 192-196

MAURER-SCHWEIZER, H. u. K. WALSER (1977):

Azidose und klinischer Zustand bei asphyktischen Kälbern
Berlin.Münch.Tierärztl.Wochenschr. 90, 364-366 u. 369-371

MAYR, A. u. J. KALICH (1965):

Die Verhütung und Bekämpfung der Kälberkrankheiten
AID, Nr. 238, 24

MITSCHE, V. (1973):

Zur Bestimmung der Blutgas- und Säure-Basen-Verhältnisse
beim Hund unter besonderer Berücksichtigung des Ver-
gleichs von Arterien-, Venen- und Kapillarblut
Hannover, Tierärztl. Hochschule, Diss.

MOORE, W.E. (1969):

Acid-base and electrolyte changes in normal calves during
the neonatal period
Am.J.Vet.Res. 30, 1133-1138

MÜLLER-PLATHE, O. (1973) (Hrsg.):

Klinische Chemie in Einzeldarstellungen, Bd. I:
Säure-Basen-Haushalt und Blutgase
Verlag Thieme, Stuttgart

MÜLLING, M. (1976):

Asphyxie des neugeborenen Kalbes
Prakt.Tierarzt 58, (Sondernummer: collegium veterina-
rium), 78-80

MÖLLING, M., H.J. HENNING u. Ch. MARCKS (1972):

Aktuelle pH-Werte im Blut neugeborener Kälber
Tierärztl.Umsch. 27, 180-181

MÖLLING, M., H. WAIZENHÖFER u. B. BRATTIG (1979):

Glukose-, Laktat- und pH_{akt.}-Werte bei Kühen und Kälbern
während und unmittelbar nach der Geburt
Berl.Münch.Tierärztl.Wochenschr. 92, 111-117

PERSIANINOV, L.S., I.V. ILYIN, R.A. MEITINA, L.M. SABELIEVA
u. T.V. CHERVAKOVA (1965):

Respiratory function in healthy and abnormal fetuses
Am.J.Obstet.Gynecol. 91, 941-948

PETSCHENIG, W. (1978):

Untersuchungen über Blutgase und den Säure-Basen-Haushalt
im venösen Blut neugeborener Kälber
Wien, Tierärztl. Hochschule, Diss.

RANDALL, G.C.B. (1972):

pH-values and blood-gas tensions in the normal piglet
during the first 48 hours of life
Biol.Neonate 20, 68-73

ROSSDALE, P.D. (1968):

Bloodgas tensions and pH-values in the normal thorough-
bred foal at birth and in the following 42 h
Biol.Neonat. 13, 18-25

SALING, E. (1961):

Vortrag vor der Gesellschaft für Geburtshilfe und Gynä-
kologie in Berlin am 28.4.1961:
Untersuchungen des Kindes unter der Geburt durch Blut-
entnahme am vorangehenden Teil
Zentralbl.Gynäkol. 83, 1663-1664

SALING, E. (1962):

Neues Vorgehen zur Untersuchung des Kindes unter der
Geburt

Einführung, Technik und Grundlagen

Arch.Gynäkol. 197, 108-122

SALING, E. (1963):

Erstmalige Blutgasanalysen und pH-Messungen am Feten
unter der Geburt und die klinische Bedeutung dieses
neuen Verfahrens

Arch.Gynäkol. 198, 82-86

SALING, E. (1964):

Die Blutgasverhältnisse und der Säure-Basen-Haushalt des
Feten bei ungestörtem Geburtsablauf

Z.Geburtshilfe Gynäkol. 161, 262-292

SALING, E. (1966a):

Das Kind im Bereich der Geburtshilfe

Verlag Thieme, Stuttgart

SALING, E. (1966b):

Die O₂-Sparschaltung des fetalen Kreislaufes

Geburtshilfe Frauenheilkd. 26, 413-419

SCHETTLER, G. (1972) (Hrsg.):

Innere Medizin, 3.Aufl., Bd.I

Verlag Thieme, Stuttgart

SCHOLANDER, P.F. (1959):

Experimental studies on asphyxia in animals

In: WALKER, J. u. A.C. TURNBULL:

Oxygen supply to the human fetus

Blackwell Oxford, 267-274

SCHOOP, G. (1951):

Die Kälberruhr und ihre Vorbeuge
Berl.Münch.Tierärztl.Wochenschr. 64, 109-111

SEARCY, R.C., G.F. GORDON u. N.M. SIMMS (1963):

Choice of blood for acid-base-studies
Lancet 1963,II, 1232

SHIER, R.W. u. P.V. DILTS (1972):

Comparison of fetal scalp, carotid, and jugular blood
gas values and oxygen consumption in the lamb
Am.J.Obstet.Gynecol. 112, 397-403

SIGGAARD-ANDERSEN, O. u. K. ENGEL (1960):

A new acid-base nomogram: an improved method for the
calculation of the relevant blood acid-base data
Scand.J.Clin.Lab.Invest. 12, 177-183

SMITH, F.G. u. A. SCHWARTZ (1970):

Response of the intact lamb fetus to acidosis
Am.J.Obstet.Gynecol. 106, 52-58

THEWS, G. (1967):

Ein Nomogramm für die O_2 -Abhängigkeit des Säure-Basen-
Status im menschlichen Blut
Pflügers Archiv gesamte Physiol. Menschen Tiere 296,
212-221

TRUNINGER, O. (1974):

Wasser- und Elektrolythaushalt, 4.Aufl.
Verlag Thieme, Stuttgart

WAIZENHÖFER, H. (1977):

Das Verhalten von $pH_{akt.}$, pO_2 und pCO_2 im venösen, kapillären und arteriellen Blut sowie von Laktat und Pyruvat im Venenblut neugeborener Kälber
Berlin, Freie Univ., Fachber. Veterinärmed., Diss.

WAIZENHÖFER, H. u. B. BRATTIG (1975):

Ein Verfahren zur kontinuierlichen subpartalen Blutgewinnung beim Kalb
Berl.Münch.Tierärztl.Wochenschr. 88, 204-205

WALSER, K. u. H. MAURER-SCHWEIZER (1978):

Die Asphyxie des Neugeborenen
Tierärztl.Prax. 6, 451-459

WILHELM, U. (1975):

Untersuchungen über Blutgasverhältnisse und Säure-Basen-Haushalt bei neugeborenen Ferkeln unter besonderer Berücksichtigung der Geburtsdauer
München, Univ., Fachber. Tiermed., Diss.

WILSON, G.D.A., J.T. HUNTER, G.H. DERRICK, W.M. AITKIN u. D.S. KRONFELD (1977):

Fetal and maternal plasma electrolytes, blood gases, and pH in dairy cows during late gestation
J. Dairy Sci. 60, 1110-1116

WINTERS, R.W., K. ENGELS u. R.B. DELL (1967):

Acid-base physiology in medicine
London Press, Cleveland Ohio

WOOD, C., K.H. NG u. D. HOUNSLOW (1973):

The influence of differences of birth times upon fetal condition in normal deliveries
J.Obstet.Gynaecol.Br.Commonw. 80, 289-294

WULF, H. u. H. MANZKE (1964):

Das Säure-Basen-Gleichgewicht zwischen Mutter und Frucht
Z.Geburtshilfe Gynäkol. 162, 225-253

WULF, H., W. KÖNZEL u. V. LEHMANN (1967):

Vergleichende Untersuchungen der aktuellen Blutgase und
des Säure-Basen-Status im fetalen und maternalen Kapil-
larblut während der Geburt
Z.Geburtshilfe Gynäkol. 167, 113-155

LEBENS LAUF

Name: B l a n k e, Hans-Jörg
geboren: 7. April 1951
Staatsangehörigkeit: deutsch
Eltern: Hans Blanke und Anne-Marie Blanke
Geschwister: Axel Blanke (geb. 1953)
Ehefrau: Anne-Brit
Kinder: Marianne und Marius

Ausbildung:
1957-1963: Löcknitz-Grundschule, Berlin-Schöneberg
1963-1967: Rückert-Gymnasium, Berlin-Schöneberg
1967-1970: Robert-Blum-Gymnasium, Berlin-Schöneberg
Januar 1970: Reifeprüfung
Oktober 1970: Immatrikulation am Fachbereich Veterinär-
medizin der Freien Universität Berlin
März 1973: Tierärztliche Vorprüfung
Juni 1976: Tierärztliche Prüfung
Juli 1976: Erteilung der Approbation

Tätigkeiten:
Jan.1977 bis
Sept. 1982 wissenschaftlicher Mitarbeiter der Klinik
für Klauentierkrankheiten und Fortpflan-
zungskunde der Freien Universität Berlin
Dezember 1982: Erteilung der norwegischen Approbation
1983: Praxisvertretungen in Norwegen
1984: Praxisvertretungen in Deutschland

Für die Überlassung des Themas und seine freundliche Unterstützung möchte ich Herrn Prof. Dr. M. Mülling posthum herzlichst danken.

Mein Dank gilt auch Herrn Prof. Dr. Lotthammer für die Übernahme sowie Unterstützung beim Fertigstellen der Arbeit.

Ebenso danke ich der Medizinisch-Technischen Assistentin Frau I. Windisch für ihre Hilfe bei der praktischen Durchführung der Analysen und Frau Dr. Arndt aus der Fachrichtung Biometrie im Fachbereich Veterinärmedizin für die Beratung und Hilfe bei der Darstellung und Auswertung der Versuchsergebnisse.

Mein besonderer Dank gilt dem Tierpfleger im Nachtdienst, Herrn "Manne" Müller, ohne dessen Hilfe der praktische Teil der Arbeit nicht durchführbar gewesen wäre.

